

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та технології
формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Лебідка для щогли телескопічної»

Виконав (-ла):

студент (-ка) III курсу, групи МІ-п71

Осипчук Олексій Миколайович _____

Керівник:

Асистент,

Майданюк Сергій Володимирович _____

Рецензент:

Інженер,

Свириденко Володимир Миколайович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2		
2	A4	ДП 7111. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	132		
3	A1		Аналіз конструкцій лебідок	1		
4	A2	ДПБ 7111. 01.000 СК	Барабан лебідки	1		
	A2	ДПБ 7111. 01.000.01	Обичайка	1		
5	A3	ДПБ 7111. 02.001 ТП	Графічне зображення технологічного процесу 010	1		
	A3	ДПБ 7111. 02.002 ТП	Графічне зображення технологічного процесу 015	1		
	A3	ДПБ 7111. 02.003 ТП	Графічне зображення технологічного процесу 025	1		
	A3	ДПБ 7111. 02.004 ТП	Графічне зображення технологічного процесу 040	1		
6	A1	ДП 7111. 03.000	Розрахунково технологічна карта токарної операції з ЧПК	1		
7	A1	ДП 7111. 04.000 СК	Кондуктор для свердління	1		
8	A1		Аналіз шліцевого вала	1		
				ДП 7111 00.000.00		
		ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	
Розробн.	Осипчук О.М.					
Керівн.	Майданюк С.В.					
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						
					Лист	Листів
					1	1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КВМ Гр. МІ-п71	

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Лебідка для щогли телескопічної»**

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Осипчуку Олексію Миколайовичу

1. Тема проєкту «Лебідка для щогли телескопічної», керівник проєкту Майданюк Сергій Володимирович, асистент, затверджені наказом по університету від «20»05 2020 р. №1120-С
2. Термін подання студентом проєкту 10.06.20
3. Вихідні дані до проєкту: згідно технічного завдання ТОВ НВФ «Криптон» та технічного завдання до проєкту
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз конструкцій лебідок, аналіз вихідних даних, розрахунок приводу лебідки, технологічна частина, пристосування, адитивні технології
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): аналіз конструкцій лебідок, складальне креслення барабана лебідки, зображення окремих операцій технологічного процесу, складальне креслення пристосування, аналіз шліцевого вала, розрахунково-технологічна карта операції
6. Дата видачі завдання 13.04.20

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз лебідок	15.04.2020	
2	Проектний розрахунок барабана	17.04.2020	
3	Проектування компоновки барабана	20.04.2020	
4	Проектний розрахунок осей та шліцевого вала	25.04.2020	
5	Створення 3D-моделей	14.05.2020	
6	Аналіз шліцевого вала	26.05.2020	
7	Створення технологічного процесу	28.05.2020	
8	Створення технологічних ОК карт	01.06.2020	
9	Моделювання та розрахунок пристосування	03.06.2020	
10	Складальне креслення барабана	05.06.2020	
11	Створення технологічного переходу з ЧПК	08.06.2020	

Студент

Олексій Осипчук

Керівник: Асистент

Сергій Майданюк

“Затверджую”

_____ М.І.Бобир

“ ____ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Лебідка для щогли телескопічної
Зміст проекту	Розробити лебідку, для щогли телескопічної “Смерека-2”.
Технічні умови до проекту	<p>Принцип розгортання та згортання щогли – «пірамідальний». Першим догори розгортається 2 ланка щогли та закріплюються відтяжки другого ярусу, наступним розгортається 3 ланка і т.д. Згортання проводиться в зворотному порядку. Отже збільшення вітрової площі під час підйому відбувається поступово. Найбільш навантаженою є 1-ша ланка, найменш навантаженою – остання.</p> <p>Габаритні розміри щогли у складеному стані складають:</p> <ol style="list-style-type: none">1. висота максимальна – 2900 мм;2. глибина максимальна – 430 мм;3. ширина максимальна – 240 мм. <p>Необхідно, щоб лебідка була максимально компактною та входила в дані розміри складеної щогли.</p> <p>Максимальне навантаження на канат (вантажопідйомність) $Q_{\max} = 200 \text{ кг (кгс)} \approx 2000 \text{ Н}$ (з урахуванням найважчого модулю, що встановлюється на щоглу та вітрових навантажень)</p> <p>Вхідні дані:</p> <ol style="list-style-type: none">4. Довжина грузового троса: 38м5. Довжина тормозного троса: 21м6. Довжина троса намотана на барабан: 20м7. Діаметр барабана по центру каната, що намотується: 120мм8. Частота обертання барабана: 25 об/хв
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Аналіз конструкцій лебідок та схем їх компоновки. 3D-модель лебідки
ОП	1. Складальне креслення барабана лебідки 2. Робоче креслення барабана лебідки
СС	Складальне креслення пристосування
ТС	Ескіз технологічних операцій: - Точіння заготовки - Нарізання канавок під трос - Свердління отворів під діафрагми
КС	1. Розробка компоновки барабана 2. Розрахунок елементів лебідки в CAD-системі
ДС	- Розрахунково-технологічна карта на токарну операцію з ЧПК -
<div> <div>Студент <u>Осипчук О.М.</u></div> <div>Керівник <u>Майданюк С.В.</u></div> </div> <div> <div>дата “__” _____ 20__ р.</div> <div>дата “__” _____ 20__ р.</div> </div>	

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена розробці лебідки для телескопічної щогли мобільного розгорткування зв'язку. За результатами аналізу стану питання прийнята конструкція є найбільш продуктивною, та з'єднує у собі переваги всіх інших лебідок цієї категорії. Розроблена компоновка являється відносно компактною, мобільною та вантажопідйомною. Сама компоновка виконана у співвісній схемі, у цьому випадку барабан виконує своє робоче переміщення по осі шліцевого валу, який передає крутний момент, що обумовлює краще розподілення навантажень по поверхні шліцевих зубців. Через застосування планетарного редуктора явно зменшується навантаження на основні органи управління та двигун. Обґрунтовано вибір елементної бази та наведено його конструктивну реалізацію. Також проведено проектний розрахунок в повному обсязі, з доведенням міцності вузлів конструкції за допомогою САПР.

Ключові слова: барабан, шліцевий вал, планетарний редуктор, САПР.

ABSTRACT

The work is dedicated to the development of a winch for a telescopic mast. According to the analysis of the issue, the adopted design is the most productive, and combines the advantages of all other winches in this category. The developed layout is relatively compact, mobile and lifting. The layout itself is made in a coaxial scheme, in which case the drum performs its working movement along the axis of the splined shaft, which transmits torque, which causes a better distribution of loads on the surface of the splined teeth. Due to the use of a planetary gearbox, the load on the main controls and the engine is clearly reduced. The choice of the element base is substantiated and its constructive realization is given. Also, the design calculation was carried out in full, with proof of the strength of the structural units using CAD.

Key words: drum, splined shaft, planetary gearbox, CAD.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЛЕБІДОК	15
2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	21
2.1 Вихідні дані.....	21
2.2 Вибір каната.....	22
2.3 Компоновка лебідки.....	22
2.4 Вибір матеріалів	23
3 РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ЛЕБІДКИ	26
3.1 Розрахунок вузла барабана	26
3.1.1 Розрахунок геометричних параметрів барабана.....	26
3.1.2 Вибір та розрахунок кріплення каната	28
3.1.3 Вибір двигуна	30
3.2 Розрахунок валів та основних деталей лебідки	32
3.2.1 Розрахунок валів	32
3.2.2 Розрахунок шліцевого вала.....	38
3.2.3 Вибір підшипників.....	44
3.2.4 Вибір редуктора	47
3.2.5 Розрахунок редуктора РП	48
3.3 Розрахунок храповиків	51
3.3.1 Розрахунок храповика РП.....	51
3.3.2 Розрахунок храповика двигуна	53
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	55
4.1 Технологія виготовлення вантажопідйомних барабанів	55
4.2 Технологічний процес	55
4.3 Операційні припуски	59
4.4 Розрахунок режимів різання на механічну обробку обичайки барабана	63
5 ПРИСТОСУВАННЯ	74
5.1 Опис роботи пристосування	74
5.2 Розрахунок пристосування.....	77

6	АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ	81
6.1	Матеріали	81
6.2	Хімічна обробка	82
6.3	Деталь	83
6.4	Слайсинг моделі	86

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ВСТУП

Сучасні збройні сили, зокрема: ракетні війська, військово-повітряні та війська протиповітряної оборони і розвідка, потребують мобільного та якісного зв'язку для передачі інформації між підрозділами.

Мобільність та якість зв'язку напряму залежить як від якості антени так і від мобільності розгортання/згортання антени та антенного комплексу в цілому.

Оскільки пункти зв'язку повинні бути мобільними та швидкими, відповідно, до них, окрім основних функцій, вимагають підвищені вимоги до засобів розгортання зв'язку. Таким чином, впровадження високотехнологічних засобів розгортання мобільного зв'язку, до яких відносяться щогла антени та механізм її розгортання, є нині актуальною проблемою, що потребує наукового висвітлення.

У фаховій літературі описано, переважно, зразки телескопічної щогли виробництва ХХ ст., які нині виходять з ужитку. Натомість аналізу сучасних зразків, в тому числі модернізованих, зокрема конструктивних складових телескопічної щогли “Смерека 2”, здійснено не було. [40]

У підрозділах зв'язок має передаватись без будь-яких додаткових налаштувань та пошуку. Зазвичай, для таких цілей збройні сили України використовують двосторонні короткохвильові радіостанції, наприклад, Р140. Для стабільного та безперебійного зв'язку, таку радіостанцію, необхідно підняти на певну висоту, щоб уникнути будь-яких перешкод та отримати стабільний зв'язок на певний відрізок часу. Для розгортання радіостанцій такого типу, зазвичай, використовують телескопічні щогли.

Прикладом телескопічної щогли є щогла Р140 (ХЖ2.092.098), що йде в комплекті з відповідною радіостанцією, та щогла Р-409. Дані щогли мають круглий переріз труб, обумовлений простотою виготовлення та малим опором потоку повітря. Всі секції розглянутих щогл піднімаються одночасно [1] [2]

Основні характеристики телескопічної щогли Р-140 [2]:

- висота в розгорнутому стані – 12,1 м;

- висота в складеному стані – 2,6 м;
- маса – 60 кг;
- час на розгортання – 20 хв;
- максимальна вантажопідйомність – 35 кг.

Основні характеристики телескопічної щогли Р-409 [1]:

- висота в розгорнутому стані – 19,3 м;
- висота в складеному стані – 4,86 м;
- маса – 95 кг;
- час на розгортання – 20 хв;
- максимальна вантажопідйомність – 32 кг;

Утім, такі щогли поступово виходять з експлуатації, оскільки постачалися ще на озброєння радянської армії та мають певні недоліки. Суттєвими недоліками є: одночасне розгортання всіх ланок, що викликає часті заклинювання між ланками, особливо при сильних поривах вітру, а також проблеми зі спуском при сильному обмороженні чи забрудненні, відсутність автоматичного підйому, що збільшує тривалість розгортання [3].

Для вирішення недоліків в конструкції та техніко-тактичних характеристиках телескопічних щогл пропонується модернізована конструкція телескопічної щогли “Смерека”, до характеристик якої висувалися підвищені вимоги, в тому числі, одною з вимог є – розгортання щогли повинно відбуватися в автоматичному та ручному режимі, в залежності від ситуації на позиції.

Основні характеристики телескопічної щогли “Смерека”:

- висота в розгорнутому стані – 12...25 м;
- висота в складеному стані – 2220...3770 мм;
- маса – 100...150 кг;
- час на розгортання – 12 хв (в ручному режимі);
- максимальна вантажопідйомність – 58...89 кг.

Характеристики залежать від конфігурації, відповідно до індивідуального технічного завдання від замовника. [41]

Щогла “Смерека” сконструйована для вирішення недоліків радянських аналогів. Розробка має два режими підйому: ручний та автоматичний (основний), за допомогою лебідки. У конструкції щогли передбачений захист від обмороження, від забруднення деталей механізмів, а пірамідальний тип підйому та спуску запобігає заклинюванню при сильних поривах вітру. Рух кожної ланки незалежний, наступна ланка починає свій рух лише після того, як зафіксується попередня

Щогли серії “Смерека”, на відміну від радянського аналогу, що постачався в комплекті радіостанції Р140 і підіймав радіостанцію на висоту до 12 м [2], дозволяють виконувати підйом до 25 м. При цьому конструкція постійно модернізується, а сама висота підйому обумовлюється замовником.

Серед переваг сучасної конструкції – можливості розгортання щогли серії “Смерека” як самостійно (на відтяжках), так і вмонтованої в кузов мобільної військової техніки.

Завданням даного дипломного проекту є створення компактної лебідки з заданими характеристиками.[42]

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЛЕБІДОК

Лебідка – це механізм, що передає тягове зусилля за допомогою тросу, канату, ланцюга. Лебідки бувають з ручним та механізованим приводом (електричним, гідравлічним). Виконавчий орган лебідки – барабан, на який намотується канат. В більшості кінематичних схем лебідок обов’язково використовується редуктор та гальмівна система [4].

Лебідки поділяються на:

- Ручні барабанні

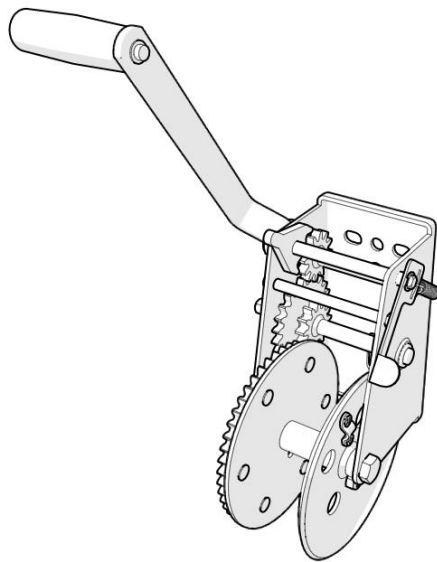


Рисунок 1.1 - Ручна барабанна лебідка. [5]

Звичайні, практичні, лебідки, приводяться у рух важелем, крутний момент зазвичай проходить через редуктор з прямозубим чи косозубим зачепленням.

- Ручні червячні

Використовуються для під'йому чи переміщення грузів на будівних чи монтажних роботах. Для плавного спуску грузів чи натяжки канатів [6].

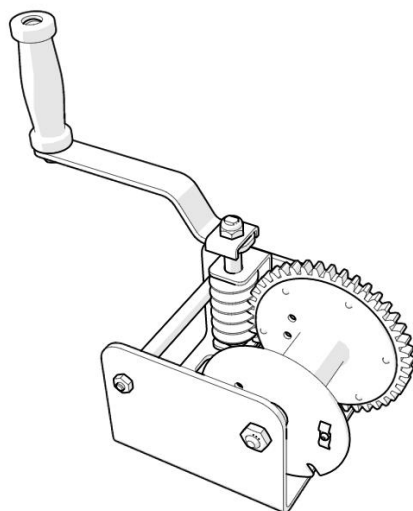


Рисунок 1.2 – Ручна черв'ячна лебідка. [5]

- Електричні

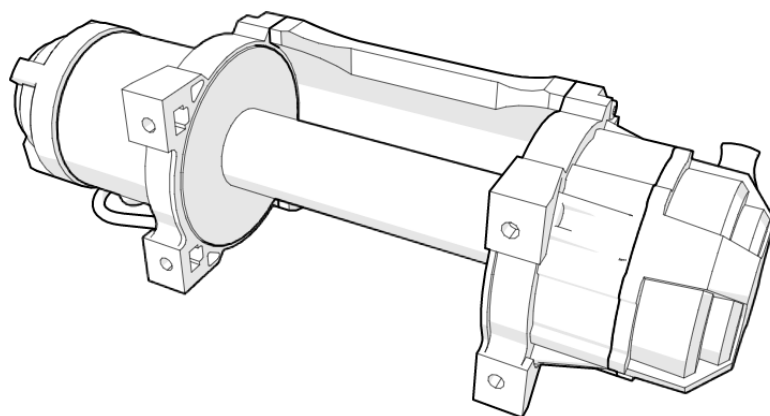


Рисунок 1.3 – Електрична лебідка. [5]

Для створення крутного моменту використовується асинхронний електродвигун

- Гідравлічні

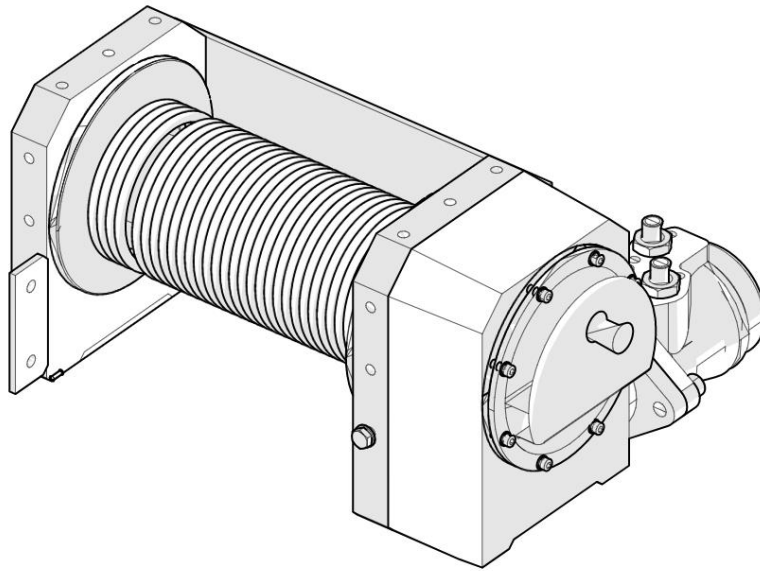


Рисунок 1.4 – Гідравлічна лебідка. [5]

Для створення крутного моменту використовується масло під тиском (гідросистема)

З сучасною тенденцією до автоматизації, у більшості випадків, саме електропривід є об'єктом управління підйомної лебідки.

Привідні лебідки, як правило, працюють від асинхронних електродвигунів, що підключаються до мережі змінного струму з напругою чи портативного джерела струму. Лебідка, що являється даним проектом працює від двигуна постійного струму.

По числу барабанів, лебідки можуть бути одно та двобарабанними, а по виду кінематичного зв'язку між двигуном та барабаном – реверсивними, маневровими та зубчато-фрикційними.

Реверсивні(оборотні) однобарабанні лебідки мають жорсткий кінематичний зв'язок між електродвигуном та барабаном. Підйом та спуск вантажу відбувається реверсивним електродвигуном.

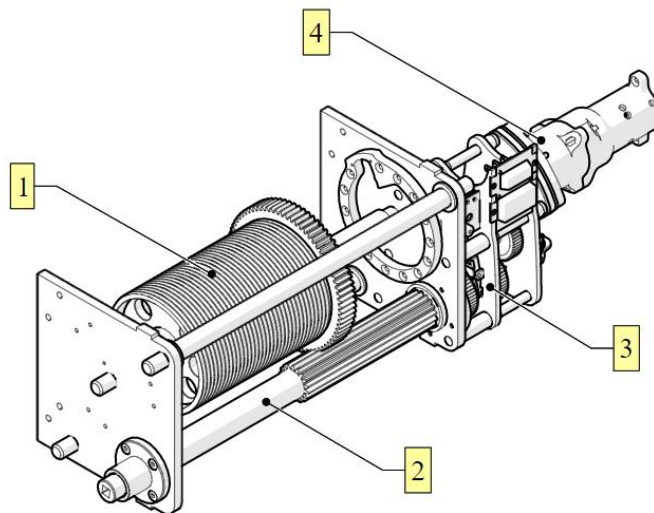


Рисунок 1.5 – Лебідка МТЗ:

1 – Збірка барабана; 2 – шліцевий вал; 3 – двоступінчатий редуктор; 4 – електропривід.

Маневрові двохбарабанні лебідки мають жорсткий кінематичний зв'язок, який може бути розімкненим, що дозволяє підключати до двигуна за допомогою кулачкових муфт, поперемінно, кожен барабан.

У зубчато-фрикційний лебідок між двигуном та барабаном, за допомогою конусної муфти забезпечується зв'язок, який можна плавно розімкнути в процесі роботи. Підйом вантажу забезпечується з допомогою двигуна при увімкненій муфті, а спуск – за рахунок власної сили тяжіння [7].

Основою та об'єктом аналізу для подальшого проектування є: лебідка МТЗ та радянська лебідка, щогли Р140. На (Рисунок 1.6) наведена кінематика радянського зразка.

Отже провівши аналіз всіх схожих конструкцій лебідок, я зробив висновок, що в даному проекті потрібно реалізувати переваги всіх варіантів, а саме:

- Автоматичний підйом як основний (від двигуна постійного струму до якого можна підключати акумулятор для довготривалого використання в польових умовах).
- Ручний підйом як резервний (із зручною редукцією до барабана, щоб не прикладати багато зусиль до важелю).

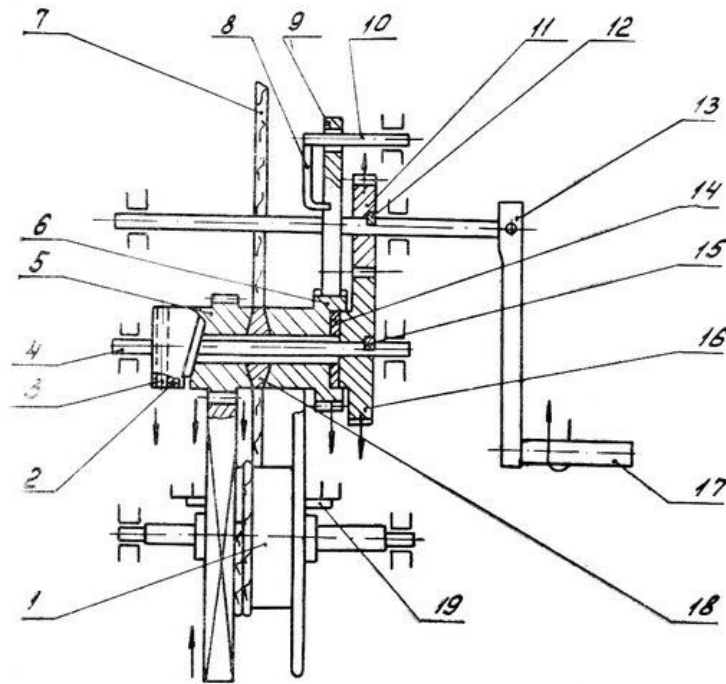


Рисунок 1.6 – Кінематика лебідки Р-140 [2]:

1 – барабан; 2 – гайка спеціальна; 3 – штифт; 4 – вісь; 5 – шестерня спеціальна;
6 – храпове колесо; 7 – трос; 8 – пружина; 9 – собачка; 10 – вісь собачки; 11 – шестерня;
12 – шпонка; 13 – важіль; 14 – бронзове кільце; 15 – шпонка; 16 – шестерня; 17 – рукоятка;
18 – втулка конусна; 19 – палець.

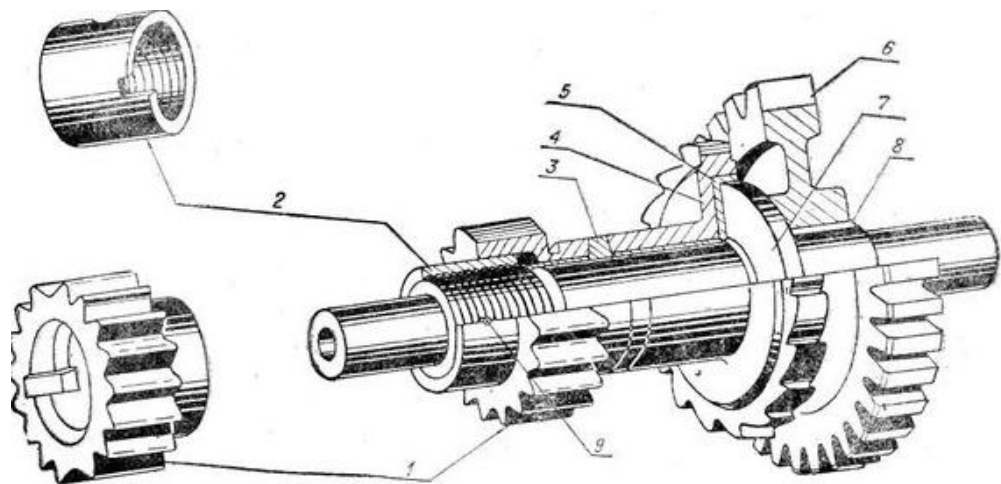


Рисунок 1.7 – Фрикційні гальма лебідки Р-140 [2]:

1 – шестерня; 2 – гайка спеціальна; 3 – втулка конусна; 4 – храпове колесо; 5 – бронзове
кільце; 6 – шестерня; 7 – вісь гальм; 8 – шпонка; 9 – штифт.

Порівняно з радянським варіантом, у даному проекті застосовується більш простий аналог гальм – звичайний храповик.

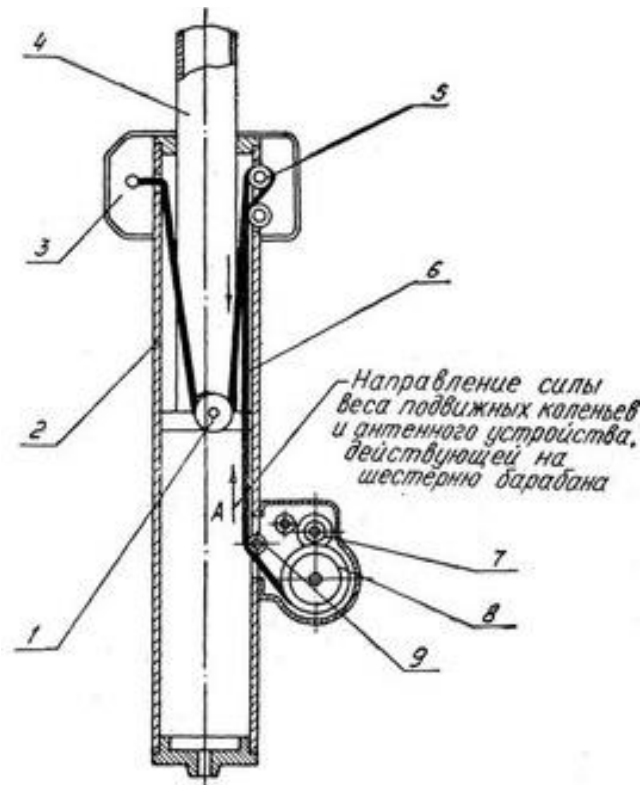


Рисунок 1.8 – Схема троса лебідки Р-140 [2]:

1 – ролик; 2 – 1ше коліно щогли; 3- хомут; 4 – 2ге коліно щогли; 5 – ролик; 6 – трос; 7 – шестерня фрикційних гальм; 8 – барабан з шестернею; 9 – ролик для направлення троса.

- Шліцевий вал має належати одній вісі з барабаном, для кращої компактності всієї збірки.
- Необхідно використовувати планетарний редуктор, так як він забезпечить найкращу редукцію крутного моменту чи дозволить застосовувати двигун невисокої потужності та витрат (12В).

2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

2.1 Вихідні дані

Принцип розгортання та згортання щогли – «пірамідальний». Першим догори розгортається 2 ланка щогли та закріплюються відтяжки другого ярусу, наступним розгортається 3 ланка і т.д. Згортання проводиться в зворотному порядку. Отже збільшення вітрової площі під час підйому відбувається поступово.

Найбільш навантаженою є 1-ша ланка, найменш навантаженою – остання.

Габаритні розміри щогли у складеному стані складають:

- висота максимальна – 2900 мм;
- глибина максимальна – 430 мм;
- ширина максимальна – 240 мм.

Необхідно, щоб лебідка була максимально компактною та входила в дані розміри складеної щогли.

Максимальне навантаження на канат (вантажопідйомність) $Q_{\max} = 200 \text{ кг (кгс)}$
 $\approx 2000 \text{ Н}$ (з урахуванням найважчого модулю, що встановлюється на щоглу та вітрових навантажень)

Вхідні дані:

- Довжина грузового троса: 38м
- Довжина тормозного троса: 21м
- Довжина троса намотана на барабан: 20м
- Діаметр барабана по центру каната, що намотується: 120мм
- Частота обертання барабана: 25 об/хв

2.2 Вибір каната

$\eta_0 = 0,97$ – Загальний КПД канатноблочної системи

$Q = 1500\text{Н}$ – максимальне зусилля в частині каната,
що намотується на барабан

$z = 1$ – загальна кількість гілок каната, на яких висить вантаж

$$S_{max} = \frac{Q}{z \cdot \eta_0} = \frac{1500 \text{ Н}}{1 \cdot 0,97} = 1546 \text{ Н} \quad (2.1)$$

$$S_p = S_{max} \cdot K_n = 1546 \text{ Н} \cdot 5,5 = 8505 \text{ Н} = 867 \text{ кгс} \quad (2.2)$$

$K_n = 5,5$ – коефіцієнт запасу міцності каната

Канат обираємо подвійного плетіння типу ЛК-Р 6х19, діаметром 4,1мм, з розривним зусиллям $S_p = 1000 \text{ кгс}$ (9,806кН) і межею міцності 180 кгс/мм^2 (1765МПа), згідно до ГОСТ 2688-69 [8].

2.3 Компоновка лебідки

Механізм підйому включає в себе двигун, передаточний механізм, тормоз та тяговий пристрій.

В даному проекті за базу береться співвісна схема лебідки (Рисунок 2.2), так як вона являється найбільш компактним варіантом при вертикальній установці барабана. Проте барабан являється рухомою ланкою, що обумовлено відсутністю механізму укладки троса, та фіксованими шківками.

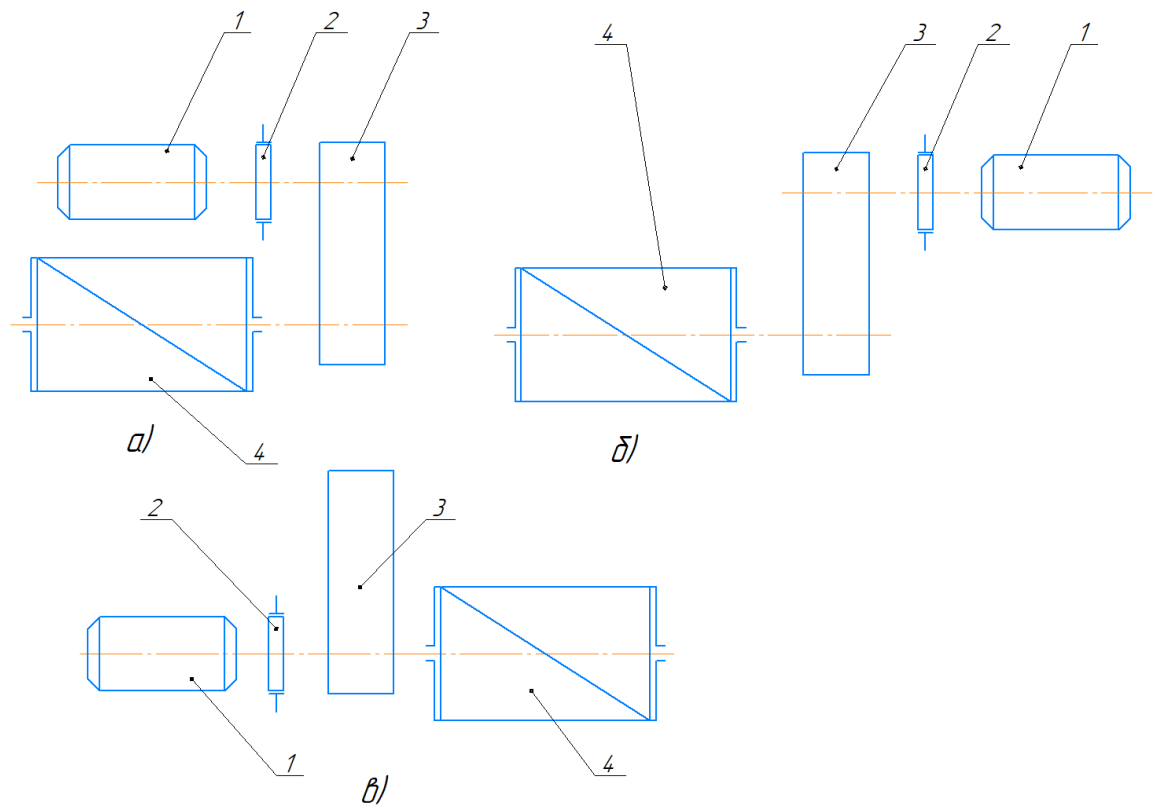


Рисунок 2.1 – Компонувальні схеми одномоторних лебідок [9]:

а – “П”-подібна; б - “Z”- подібна; в – співвісна.

1 – електродвигун; 2 – тормоз; 3 – редуктор; 4 – барабан.

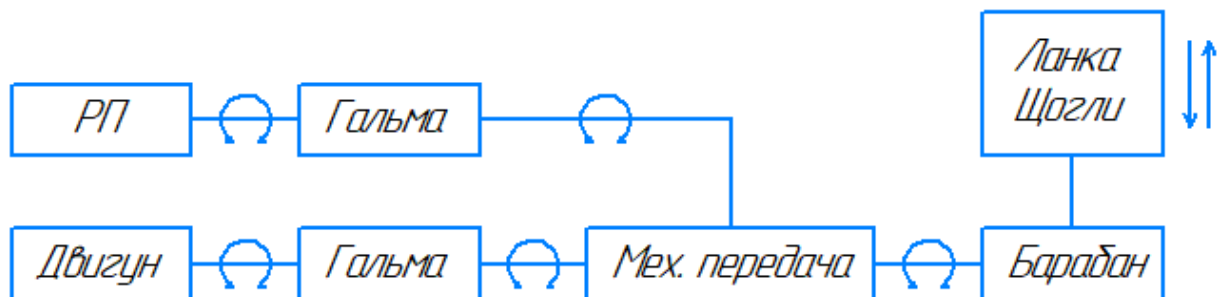


Рисунок 2.2 – Блок-схема механізму підйому.

2.4 Вибір матеріалів

При виборі матеріала для деталей механізмів враховують:

- міцність
- витривалість
- зносостійкість

- складність термообробки
- економічність

Межа міцності, текучості та пластичності являються недостатньою характеристикою якості сталі. Необхідно враховувати ударну в'язкість і схильність сталі до холодноламкості при певних температурах. Для запобігання небезпеки появи крихкого руйнування вуглецевих сталей спокійно (сп), напівспокійної (пс) і киплячої (кп) плавки товщини прокату в зварних елемента рекомендується вибирати не більше 50мм. Це пояснюється виникненням об'ємних залишкових напружень при зварці прокату великої товщини, дія яких в трьох взаємно перпендикулярних площинах може викликати руйнування [8].

У відповідності до ГОСТ 380-71 сталі, що постачаються замовникам. Поділяються на групу А, що характеризуються механічними властивостями; групу Б – хімічним складом; групу В – механічними властивостями з окремими вимогами по хімічному складу. Використовують сталі, отримані як мартенівським (М0, так і конвертерним (К) способами.

В металоконструкціях рекомендується використовувати мартенівську (М) сталь і сталь, що отримується в конвертерах з основною футеровкою, що приближена в якості до мартенівської сталі [8].

Поряд з вуглецевими сталями широко поширені леговані та низьколеговані. Позначення марки низьколегованих сталей залежить від хімічного складу. Цифра, що стоїть попереду буквених позначень, відповідає кількості вуглецю в сотих долях відсотку, а букви позначають компоненти: Г-марганець, С-кремній, Х-хром, Н-нікель, Д-мідь. Цифри, що стоять після букв, відповідають відсотковому вмісту відповідного елемента в цілих одиницях. Вміст будь-якого компонента в кількості менше 0,3% в позначенні марки не приводиться [8].

Низьколеговані сталі в порівнянні з вуглецевими мають більшу межу міцності, мають меншу холодноламкість і високу корозійну стійкість. Проте вони більш чутливі до концентрації напружень і дорожче марки Ст3 приблизно на 25%. [8]

Матеріали, що використовуються у дипломному проєкті:

- Ст2 ГОСТ 380-94 – Сталь конструкційна вуглецева звичайної якості [10].

$\sigma_B = 320 \text{ МПа}$ – межа міцності

$\sigma_T = 215 \text{ МПа}$ – межа текучості

$\delta_5 = 33 \%$ – відносне подовження після розриву

Твердість – 137HB

$\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність

- Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 – Сталь конструкційна легована [11].

$\sigma_B = 655 \text{ МПа}$ – межа міцності

$\sigma_{0,2} = 490 \text{ МПа}$ – межа текучості умовна

$\delta_4 = 15 \%$ – відносне подовження після розриву

Твердість – 150HB

$\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$ – щільність

- Сталь AISI 304 (08Х18Н10) – Сталь корозійно-стійка жароміцна [12] [13].

$\sigma_B = 515 \text{ МПа}$ – межа міцності

$\sigma_T = 205 \text{ МПа}$ – межа текучості

$\delta_5 = 40 \%$ – відносне подовження після розриву

Твердість – 170HB

$\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність

- Д16 – Алюмінієвий сплав [14].

$\sigma_B = 450 \text{ МПа}$ – межа міцності

$\sigma_{0,2} = 320 \text{ МПа}$ – межа текучості умовна

$\delta_5 = 19 \%$ – відносне подовження після розриву

Твердість – 130HB

$\rho = 2800 \text{ кг/м}^3$ – щільність

3 РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ЛЕБІДКИ

3.1 Розрахунок вузла барабана

3.1.1 Розрахунок геометричних параметрів барабана

$P_{\text{кан}} = S_{\text{max}} = 1546 \text{ Н}$ – зусилля на канаті;

$D_6 = 120 \text{ мм}$ – діаметр барабана, по центру намотуємого каната

$D_3 = 117 \text{ мм}$ – діаметр барабана по зовнішньому контуру;

$D_{\text{в}} = D_6 - d_{\text{кан}} - 1 = 115 \text{ мм}$ – діаметр барабана, по дну канавки;

$L_{\text{кан}} = 20 \text{ м}$ – довжина каната, намотуємого на барабан;

$z_{\text{зап}} = 4$ – число запасних витків;

Число витків нарізки [8]:

$$z = \frac{L_{\text{кан}}}{\pi \cdot D_6} = \frac{20000 \text{ мм}}{3,14 \cdot 120} = 53,052 \quad (3.1)$$

Приймаємо $z = 53$

Отже час підйому щогли:

$$T = \frac{z}{n_6} = \frac{53 \text{ об}}{25 \text{ об/хв}} = 2,12 \text{ хв} \quad (3.2)$$

Довжина ходу барабана:

$$L_x = z \cdot t_n = 53 \cdot 5 \text{ мм} = 265 \text{ мм} \quad (3.3)$$

$t_n = 5 \text{ мм}$ – крок нарізки

Довжина нарізки:

$$l_n = (z + z_{\text{зап}}) \cdot t_n = (53 + 6) \cdot 5 \text{ мм} = 295 \text{ мм} \quad (3.4)$$

$l_3 = 20 \text{ мм}$ – довжина ділянки для кріплення каната

Повна довжина барабана:

$$L_6 = l_n + l_3 = 295 + 20 \text{ мм} = 315 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Допустимий кут відхилення набігаючої, на барабан, гілки каната від вертикального положення, $\alpha = 4..6$ град.

Тимчасовий опір для Ст2:

$$\sigma_{\text{в}} = 320 \text{ МПа}$$

$k_{\text{зап}} = 1,5$ – коефіцієнт запасу

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{k_{\text{зап}}} = \frac{320 \text{ МПа}}{1,5} = 213,3 \text{ МПа} \quad (3.6)$$

$S_{\text{max}} = 1546 \text{ Н}$ – зусилля в канаті

Розрахункова товщина барабана [8]:

$$\delta_{\text{б}} = \frac{S_{\text{max}}}{t_{\text{н}} \cdot \sigma_{\text{сж}}} = \frac{1546 \text{ Н}}{5 \cdot 213,3 \text{ МПа}} = 1,45 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Крутний момент на барабані [8]:

$$M_{\text{кр}} = S_{\text{max}} \cdot \frac{D_{\text{б}}}{2} = 1546 \text{ Н} \cdot \frac{120 \text{ мм}}{2} = 92,784 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.8)$$

$D_2 = 109 \text{ мм}$ – внутрішній

Екваторіальний момент опору поперечного перерізу барабана:

$$W_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{в}}^4 - D_2^4)}{32 \cdot D_{\text{в}}} = \frac{3,14 \cdot (115^4 \text{ мм} - 109^4 \text{ мм})}{32 \cdot 115 \text{ мм}} = 28,806 \text{ см}^3 \quad (3.9)$$

Напруження від кручення:

$$\sigma_{\text{бараб}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{б}}} = \frac{92,784 \text{ Н} \cdot \text{м}}{28,806 \text{ см}^3} = 3,221 \text{ МПа} \quad (3.10)$$

$\sigma_{\text{бараб}} = 3,204 \text{ МПа} < \sigma_{\text{сж}} = 213,3 \text{ МПа}$; Умова виконується.

Розрахунок на міцність в небезпечному перерізі:

$L = 265$ – відстань між оборами барабана

$S_{\text{max}} = 1546 \text{ Н}$ – навантаження

Згинальний момент по центру барабана:

$$M_{\text{max}} = R_A \cdot L/2 = 102,448 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.11)$$

Для Ст2 при змінному навантаженні: $[\sigma_{\text{изг}}] = 100 \text{ МПа}$

Перевірка на згин:

$$\sigma_{\text{изгб}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{б}}} = \frac{102,448 \text{ Н} \cdot \text{м}}{28,806 \text{ см}^3} = 3,557 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{изг}}] = 100 \text{ МПа} \quad (3.12)$$

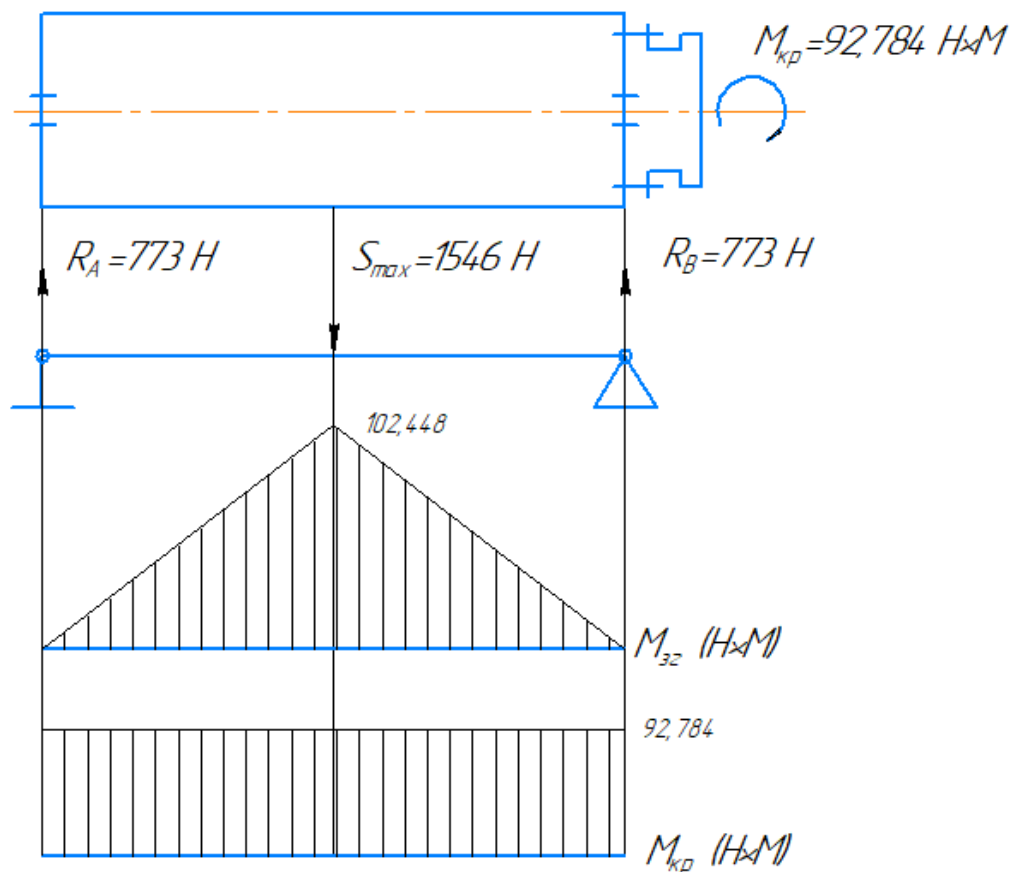


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема барабана

3.1.2 Вибір та розрахунок кріплення каната

Кріплення канату до барабана может бути виконане будь-яким способом, що забезпечує надійність кріплення і можливість заміни каната. Зазвичай кріплення відбувається за допомогою клина, що вставляється в гніздо барабана, або притискними планками. Найбільше поширення отримало кріплення зовнішньою притискною планкою.

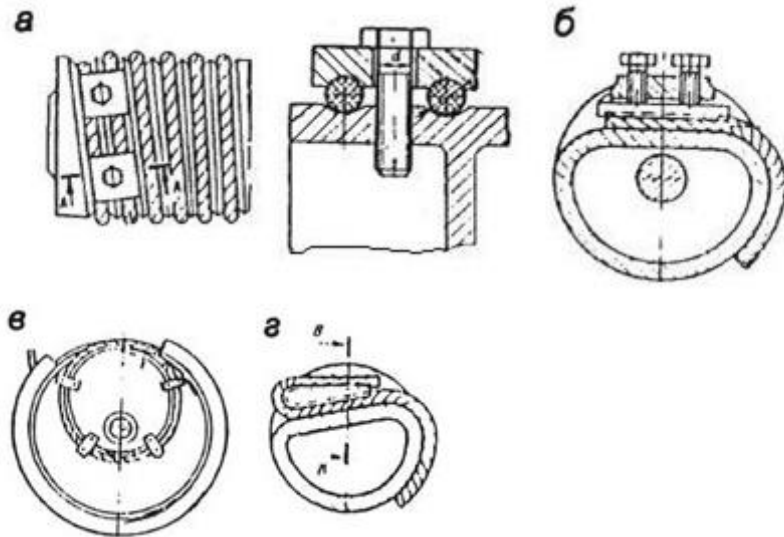


Рисунок 3.2 – Способи кріплення каната [15]:

а, б – притискними планками; в – притискними планками на торцевій стінці; г – клином.

В даному проекті, кріплення каната буде відбуватись з внутрішньої частини барабана, притискною планкою з гвинтами.

Розрахунок кріплення [15]:

$$S_{кр} = \frac{S_{max}}{e^{f\alpha}} = \frac{1546 \text{ Н}}{2,75^{0,15 \cdot 12,566}} = 229,661 \text{ Н} \quad (3.13)$$

$S_{max} = 1546 \text{ Н}$ – зусилля в канаті

$e = 2,75$ – основа натурального логарифма

$f = 0,15$

$\alpha = 4 \cdot \pi = 4 \cdot 3,14 = 12,566$

Розрахунок зусилля розтягування в кожному гвинті [15]:

$$N = \frac{S_{кр}}{(f + f_1)(e^{f\alpha} + 1)} = \frac{1546 \text{ Н}}{(0,15 + 0,23)(2,75^{0,15 \cdot 12,566} + 1)} = 77,483 \text{ Н} \quad (3.14)$$

Приведений коефіцієнт тертя між планкою та барабаном [15]:

$$f_1 = \frac{f}{\sin \beta} = \frac{0,15}{\sin(40^\circ)} = 0,23 \quad (3.15)$$

$\beta = 40^\circ$ – кут заклинювання каната

Сумарне напруження в гвинті при затягуванні кріплення, з урахуванням розтягуючих та згинаючих зусиль [15]:

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{1,3 \cdot K_n \cdot N}{\frac{\pi \cdot d_B^2}{4}} + \frac{K_n \cdot P_u \cdot l}{P \cdot 0,1 \cdot d_B^3} = \\ &= \frac{1,3 \cdot 1,8 \cdot 77,483 \text{ Н}}{\frac{3,14 \cdot 4,134^2 \text{ мм}}{4}} + \frac{1,8 \cdot 36,163 \text{ Н} \cdot 20 \text{ мм}}{0,1 \cdot 4,134^3 \text{ мм}} = \\ &= 243,845 \text{ МПа}\end{aligned}\quad (3.16)$$

$K_n = 1,8$ – коефіцієнт запасу надійності кріплення канату до барабана

$l = 20 \text{ мм}$ – довжина стягування (товщина планки з канатом)

Зусилля, що згинає гвинти [15]:

$$P_u = 2 \cdot f_1 \cdot N = 2 \cdot 0,23 \cdot 77,483 \text{ Н} = 36,163 \text{ Н} \quad (3.17)$$

Обираємо гвинт М5 із сталі А2 (AISI 304) DIN 912

$d_B = 4,134 \text{ мм}$ – діаметр западин болта [16]

$P = 0,8 \text{ мм}$ – крок різьби болта

$$\sigma_o = 243,845 \text{ МПа} < [\sigma] = \frac{515 \text{ МПа}}{1,5} = 343,3 \text{ МПа}$$

3.1.3 Вибір двигуна

$n_1 = 25 \text{ об/хв}$ – задана частота обертання барабана

Частота обертання вала двигуна:

$$n_2 = n_1 \cdot 12 = 25 \text{ об/хв} \cdot 12 = 300 \text{ об/хв} \quad (3.18)$$

$M_{кр} = 92,784 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент на валу барабана,

$\eta_1 = 0,95$ – КПД

Необхідна потужність на вхідному валу:

$$\begin{aligned}P &= \frac{M_{кр} \cdot n_1}{\eta_1} = \frac{92,784 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 25 \text{ об/хв}}{0,95} = \\ &= 255,693 \text{ Вт}\end{aligned}\quad (3.19)$$

Необхідна потужність двигуна:

$$P_{\text{д.сп.}} = \frac{P}{\eta_1} = \frac{255,693 \text{ Вт}}{0,95} = 269,15 \text{ Вт} \quad (3.20)$$

Обираємо двигун постійного струму - Makita 12В 400Вт 6270D

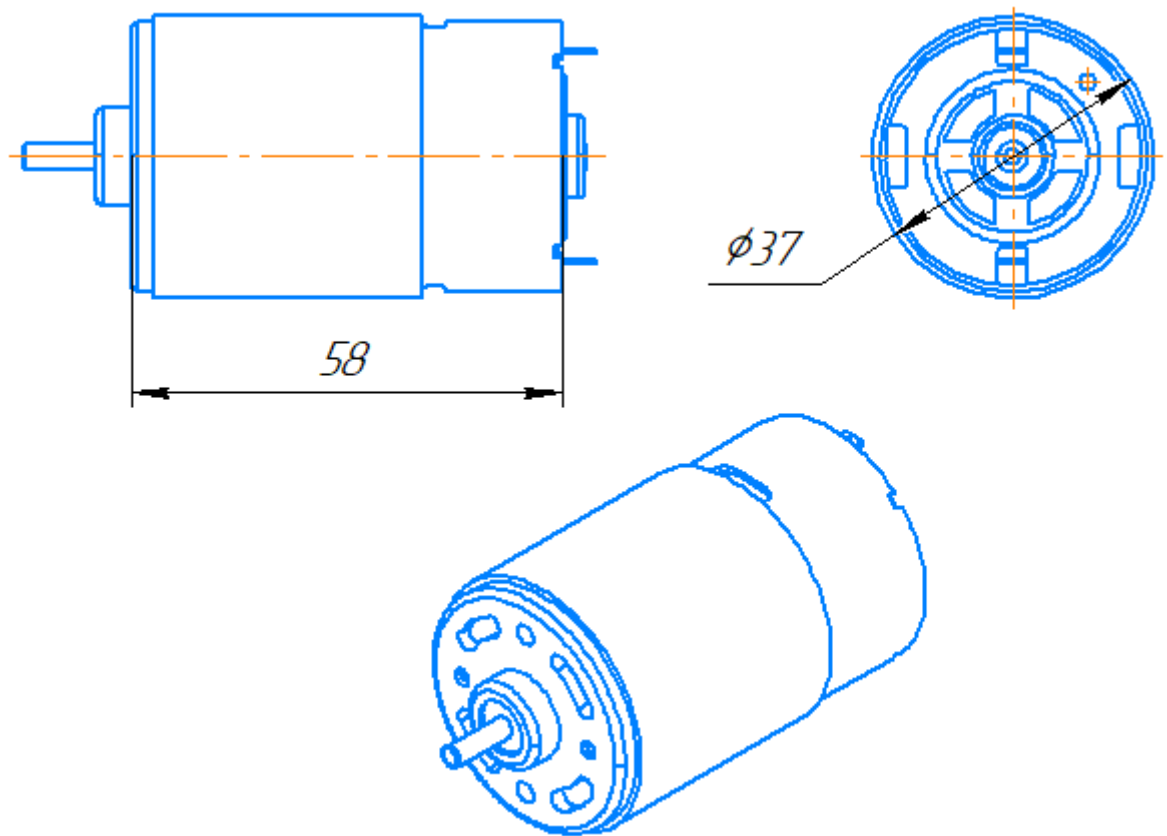


Рисунок 3.3 – Двигун Makita 12В 400Вт

Практичні випробування показали, що:

Стартова сила струму $I_{\text{старт}} = 15 \text{ А}$

Номінальна (робоча) сила струму $I_{\text{ном}} = 6 \text{ А}$

Максимальна сила струму під час роботи $I_{\text{max}} = 11 \text{ А}$

3.2 Розрахунок валів та основних деталей лебідки

3.2.1 Розрахунок валів

Момент на вихідному валу редуктора [17]:

$$T_2 = \frac{P_{д.сп.}}{n_1} = \frac{269,15 \text{ Вт}}{25 \text{ об/хв}} = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.21)$$

Момент на вхідному валу (валу двигуна) [17]:

$$T_d = \frac{P_{д.сп.}}{n_2} = \frac{P_{д.сп.}}{300 \text{ об/хв}} = 8,567 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.22)$$

$u_1 = 2$ – передатне число редуктора РП

Момент на валу ручної передачі:

$$T_3 = T_d \cdot u_1 = 8,567 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 2 = 17,135 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.23)$$

$[\tau] = 45 \text{ МПа}$ – максимальне напруження від кручення [17]

Розрахунок валів [17]:

Мінімальний діаметр вала барабана:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{102,28 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,2 \cdot 45 \text{ МПа}}} = 22,483 \text{ мм} \quad (3.24)$$

Обираємо трапеційдальну різьбу Tr 28 x 5 з внутрішнім діаметром 22,5 мм

Мінімальний діаметр вала двигуна:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{T_d}{0,2 \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{8,567 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,2 \cdot 45 \text{ МПа}}} = 9,82 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Приймаємо діаметр вала двигуна $d_2 = 12 \text{ мм}$

Мінімальний діаметр вала ручної передачі:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2 \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{17,135 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,2 \cdot 45 \text{ МПа}}} = 12,373 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Приймаємо діаметр вала РП $d_3 = 15 \text{ мм}$

3.1.2. Розрахунок головної вісі, на міцність при згині

За особливостями конструкції лебідки, повна довжина вісі $L_{\text{повн}} = 650 \text{ мм}$

Довжина нарізання трапеційдальної різьби:

$$L_{\text{тр}} = L_{\text{х}} + 15 \text{ мм} = 265 \text{ мм} + 15 \text{ мм} = 280 \text{ мм} \quad (3.27)$$

Відстань між опорами $L = 610 \text{ мм}$

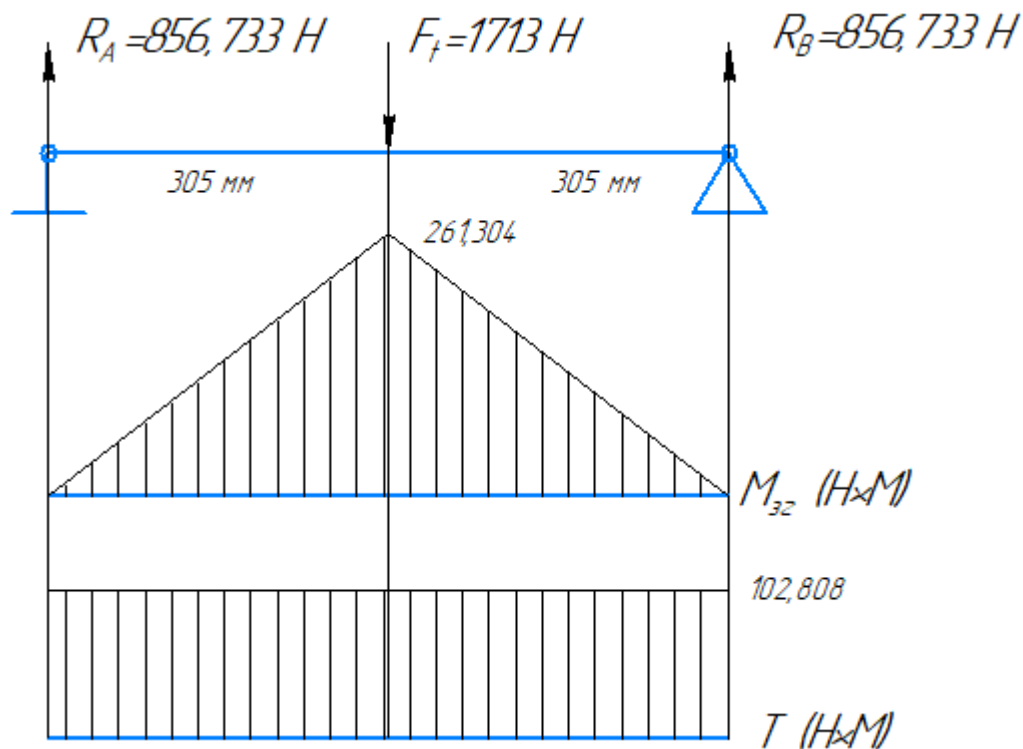


Рисунок 3.4 – Схема навантаження на вал, в небезпечному перерізі

Діючі на вал навантаження:

$$T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

На головний вал діє радіальна сила [8]:

$$F_r = F_{t_6} = \frac{2 \cdot T}{D_6} = \frac{2 \cdot 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}}{120 \text{ мм}} = 1713 \text{ Н} \quad (3.28)$$

$D_{\text{max_шліц}} = 68 \text{ мм}$ – діаметр шліцевого вала по вершинам зубів

Осьова сила:

$$F_a = F_{t_6} \cdot \sin(\alpha_{\text{гвинт}}) = 1713 \text{ Н} \cdot \sin(5,1^\circ) = 152,317 \text{ Н} \quad (3.29)$$

Вал зафіксовано, тому осьова сила не впливає на закріплені підшипники.

Немає сенсу обирати радіально-упорні підшипники.

$D_{min} = 22,5\text{мм}$ – мінімальний діаметр вісі

Реакції опор:

$$F_y: R_A - F_r + R_B \quad (3.30)$$

$$M_A = -F_r \cdot L/2 + R_B \cdot L = 0 \quad (3.31)$$

$$R_B = \frac{F_r \cdot L/2}{L} = \frac{1713 \text{ Н} \cdot 305 \text{ мм}}{610 \text{ мм}} = 1512 \text{ Н} \quad (3.32)$$

$$R_A = F_r - R_B = 1512 \text{ Н} - 856,733 \text{ Н} = 856,733 \text{ Н} \quad (3.33)$$

Згинальний момент в небезпечному перерізі:

$$M_{max} = R_A \cdot \frac{L}{2} = 1512 \text{ Н} \cdot 305 \text{ мм} = 261,304 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.34)$$

Екваторіальний момент опору поперечного перерізу вала [18]:

$$W_{\text{вісі}} = \frac{\pi \cdot D_{min}^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 22,5^3 \text{ мм}^3}{32} = 1,118 \text{ см}^3 \quad (3.35)$$

Напруження від згину, в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_{\text{вісі}}} = \frac{261,304 \text{ Н} \cdot \text{м}}{1,118 \text{ см}^3} = 233,667 \text{ МПа} \quad (3.36)$$

$$M_{зг} = M_{max} = 261,304 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{к}} = T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За четвертою теорією міцності:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{экв}} &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{32}{\pi \cdot d^3} \sqrt{M_{зг}^2 + 0,75M_{\text{к}}^2} = \\ &= \frac{32}{3,14 \cdot D_{min}^3} \sqrt{261,304^2 \text{ Н} \cdot \text{м} + 0,75 \cdot 102,808^2 \text{ Н} \cdot \text{м}} \\ &= 246,859 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.37)$$

$[\sigma_{\text{т}}] = 330$ – межа текучості сталі 40Х, нормалізованої. [19]

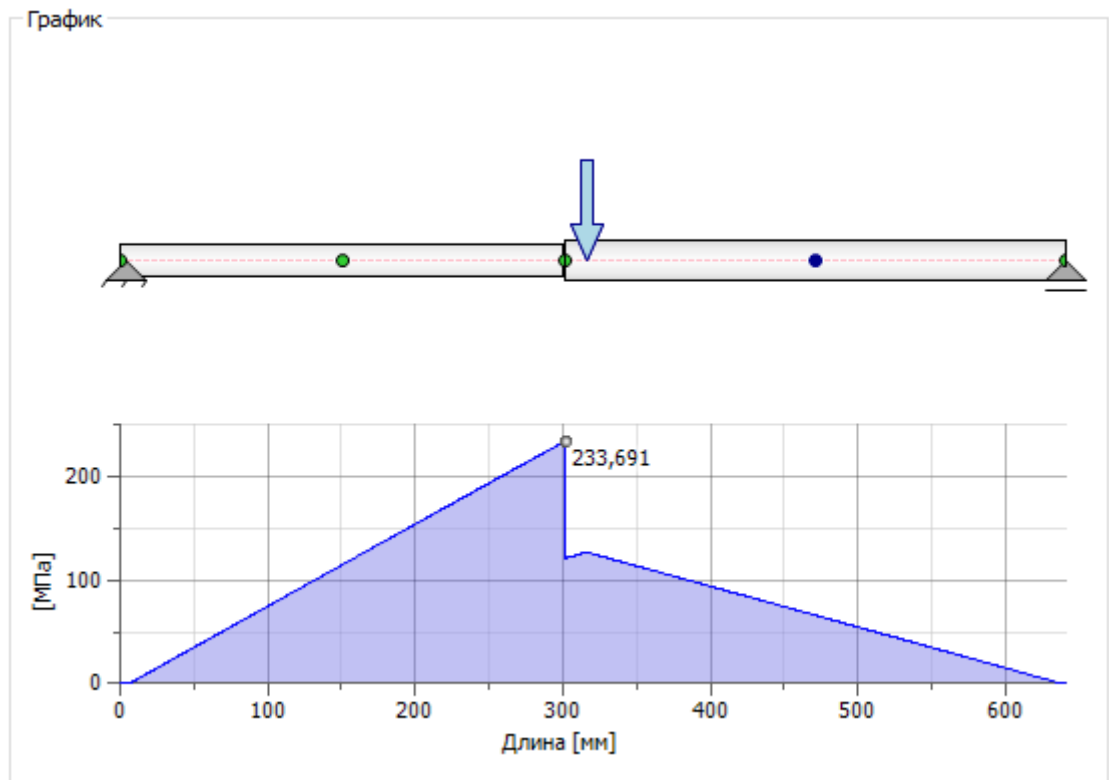


Рисунок 3.5 – Епюра напружень при згині, САПР “Autodesk Inventor”

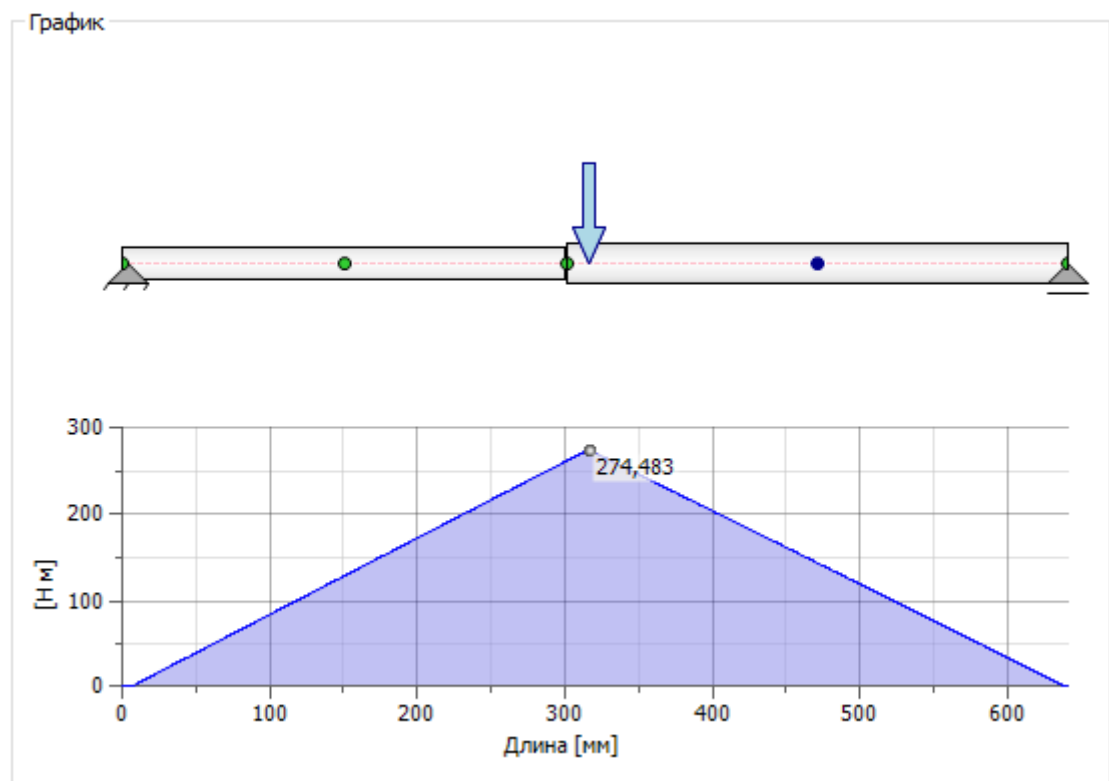


Рисунок 3.6 – Епюра згинаючого моменту, САПР “Autodesk Inventor”

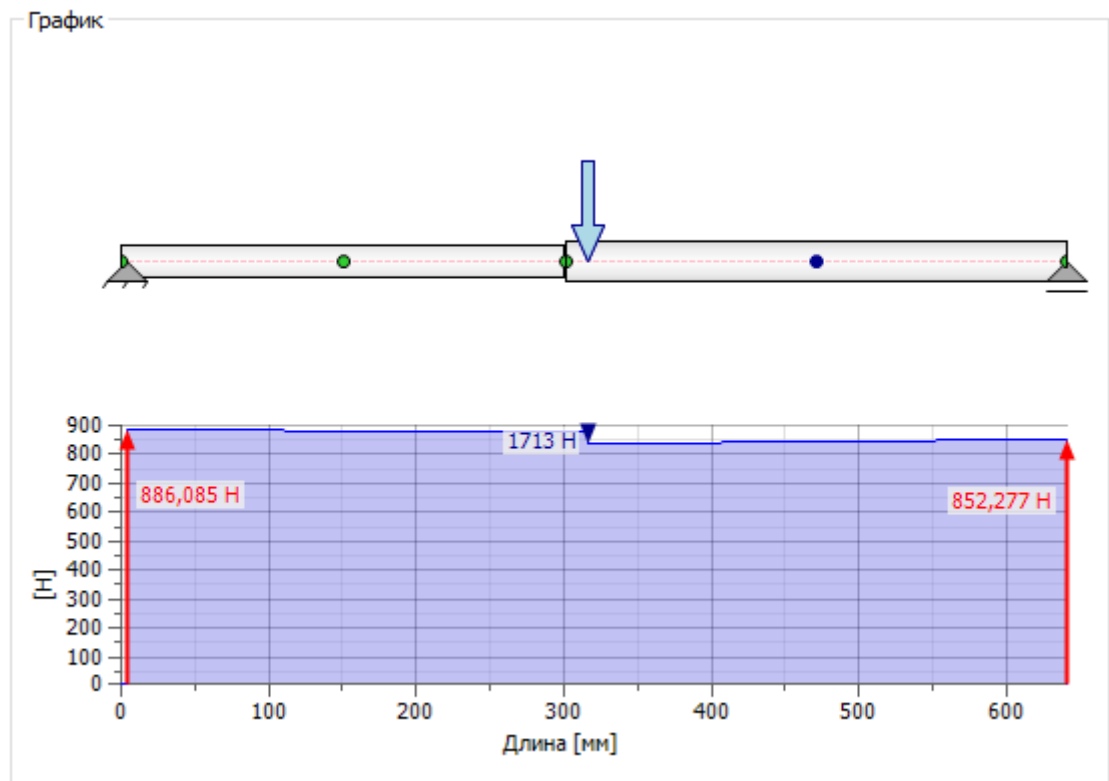


Рисунок 3.7 – Епюра сили зсуву, САПР “Autodesk Inventor”

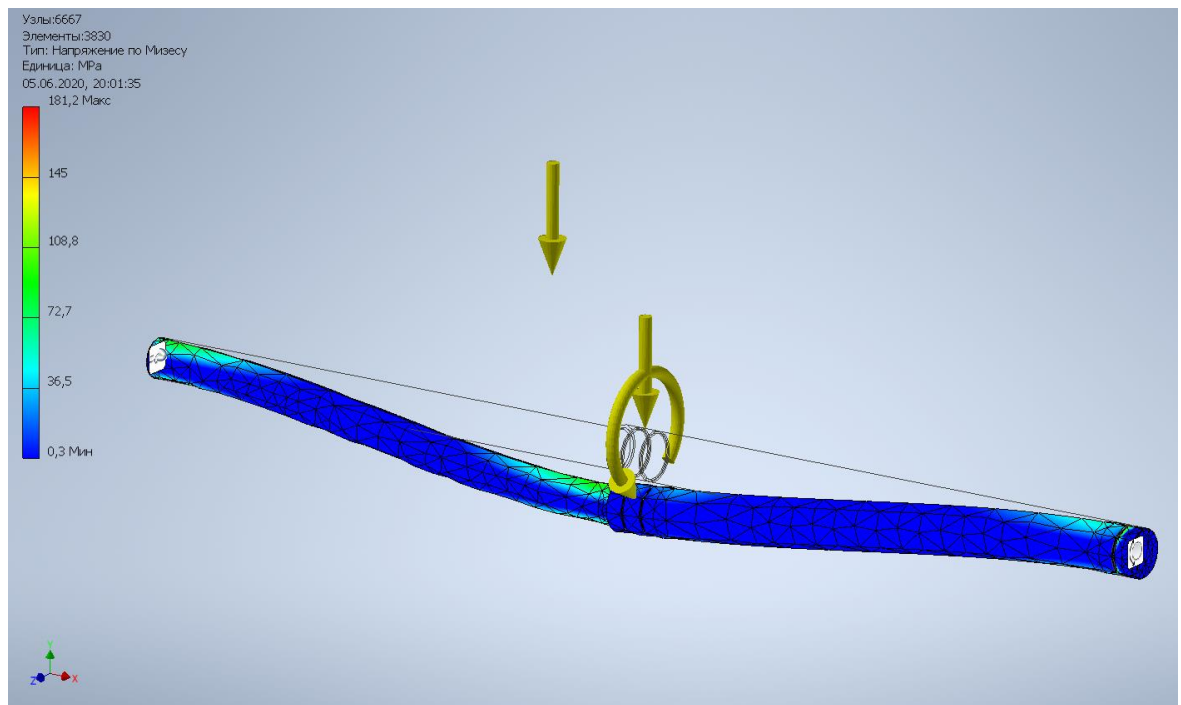


Рисунок 3.8 – Аналіз напружень, САПР “Autodesk Inventor”

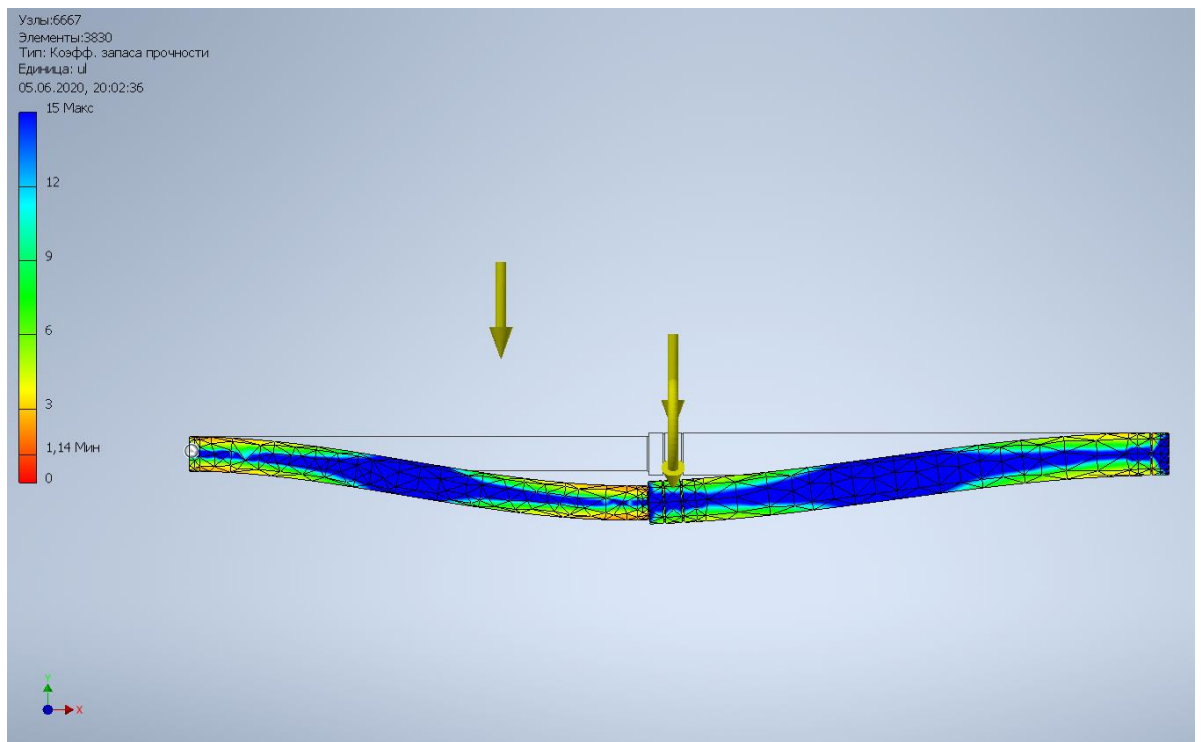


Рисунок 3.9 – Аналіз коефіцієнта запасу міцності, САПР “Autodesk Inventor”

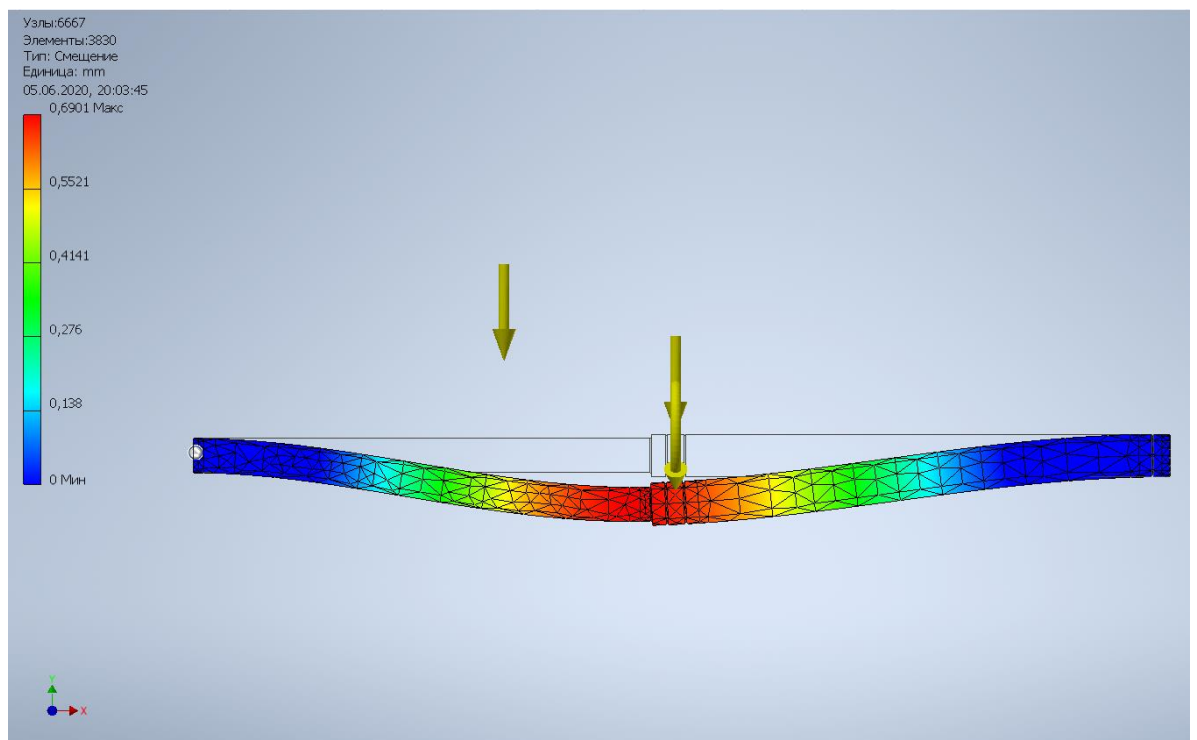


Рисунок 3.10 – Аналіз зміщення, САПР “Autodesk Inventor”

3.2.2 Розрахунок шліцевого вала

Шліцеві з'єднання утворюють виступи (зубці) на валу, що входять у відповідні впадини (шліци) в ступиці. Робочими поверхнями являються бокові сторони виступів. Виступ на валу виконують фрезеруванням, струганням або накатуванням. Впадини в отворі ступиці виготовляють протягуванням або довбанням.

Шліцеве з'єднання являє собою фактично багатошпоночне з'єднання, в якому шпонки виконані як одне ціле з валом. Призначення шліцевих з'єднань – передача крутного моменту між валом та ступицею.

Шліцеві з'єднання стандартизовані та широко розповсюджені в машинобудуванні.

Переваги шліцевих з'єднань в порівнянні зі шпоночними:

- Здатність точно центрувати деталі, що з'єднуються або точно витримувати напрям при їх відносному осьовому переміщенні.
- Менше число деталей з'єднання: шліцеве з'єднання утворює дві деталі, шпоночне – три.
- Більша несуча здатність внаслідок більшої сумарної площі контакту.
- Взаємозамінність
- Більший опір втоми валу внаслідок меншої глибини западини і меншої концентрації напружень, особливо для евольвентних шліців.

Недоліком являється більш складна технологія виготовлення, а, отже, більш висока ціна.

Шліцеві з'єднання розрізняють [20]:

- По характеру з'єднання:
 - нерухомі для закріплення деталі на валу,
 - рухомі, що допускають переміщення вздовж вала
- По формі виступів:
 - прямобічні

- евольвентні
- трикутні

З'єднання з прямобічним профілем застосовують в нерухомих та рухомих з'єднаннях. Вони мають постійну товщину виступів.

Стандарт передбачає три серії з'єднань з прямобічним профілем: легку, середню та важку, які розрізняються висотою та числом виступів.

Важка серія має більш високі виступи з більшим їх числом. Центрування деталей, що з'єднуються, виконують по: зовнішньому D , внутрішньому d , або по боковим поверхням b виступів.

Перші два способи забезпечують найбільш точне центрування. Зазор в контакті поверхонь: центруючих – практично відсутній, не центруючих – значний. Центрування по D і по d застосовують в з'єднаннях, що потребують високої співвісності валу та ступиці.

Центрування по боковим поверхням b знижена, проте це забезпечує найбільш рівномірне розподілення навантаження між виступами.

ГОСТ 1139-80 встановлює три серії шліцевих з'єднань: легку, середню та важку, які відрізняються між собою розмірами та числом шліців [20].

- Легка серія, має найменшу висоту шліців, застосовується переважно для нерухомих з'єднань, що передають невеликий крутний момент при спокійному навантаженні, без ударів.
- Середня серія – для нерухомих та рухомих з'єднань, що передають середні крутні моменти, при спокійному або пульсуючому навантаженні.
- Важка серія, відрізняється найбільшим числом і висотою шліців, - для напружених умов роботи.

Згідно з вимогами до конструкції всього вузла, згідно до ГОСТ 1139-80 обираємо шліці легкої серії, з центруванням по боковим граням та полями допуску для рухомого з'єднання [20]:

$$b - 8 \times 62 \times 68 \frac{H_{12}}{a_{11}} \times 12 \frac{D_9}{f_8} [21]$$

Втулка:

$$b - 8 \times 62 \times 68H12 \times 12D9$$

Вал:

$$b - 8 \times 62 \times 68a11 \times 12f8$$

Вхідні дані:

$$z = 8 - \text{число шліців}$$

$$d = 62 \text{ мм} - \text{внутрішній діаметр}$$

$$D = 68 \text{ мм} - \text{зовнішній діаметр}$$

$$b = 12 \text{ мм} - \text{ширина шліців}$$

$$f = 0,5 \text{ мм} - \text{фаска}$$

$$r = 0,5 \text{ мм} - \text{заокруглення}$$

$$l = 15 \text{ мм} - \text{робоча довжина зуба (товщина фланця)}$$

Розрахунок на зминання зубів:

$$\varphi = 0,75 - \text{число шліців}$$

$$T_{max} = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м} - \text{максимальний момент,}$$

що передається з'єднанням

Середній радіус [21]:

$$r_{cp} = \frac{D + d}{4} = \frac{68 + 62}{4} = 32,5 \text{ мм} \quad (3.38)$$

Площа бокових поверхонь зубів з одної сторони на 1 мм довжини [21]:

$$F = z \cdot \left(\frac{D - d}{2} - (f + r) \right) = z \cdot \left(\frac{68 - 62}{2} - (0,15 + 0,5) \right) = \quad (3.39)$$

$$= 16 \text{ мм}^2$$

Напруження на шліцях [21]:

$$\sigma = \frac{T_{max}}{\varphi \cdot F \cdot l \cdot r_{cp}} = \frac{102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,75 \cdot 16 \text{ мм}^2 \cdot 15 \text{ мм} \cdot 32,5 \text{ мм}} = 15,779 \text{ МПа} \quad (3.40)$$

Для рухомих з'єднань, під навантаженням, $\sigma_{cm} = 10 \dots 20 \text{ МПа}$ [21].

Розраховане значення потрапляє в діапазон допустимих значень, отже міцність підтверджено.

Розрахунок труби зі шліцями, на міцність:

$D_T = 60$ мм – Мінімальний зовнішній діаметр шліцевого вала

$d_T = 52$ мм – Максимальний внутрішній діаметр шліцевого вала

$D_{max} = 68$ мм – Максимальний зовнішній діаметр шліцевого вала,
по вершинам зубців

Відстань між опорами $L = 292$ мм

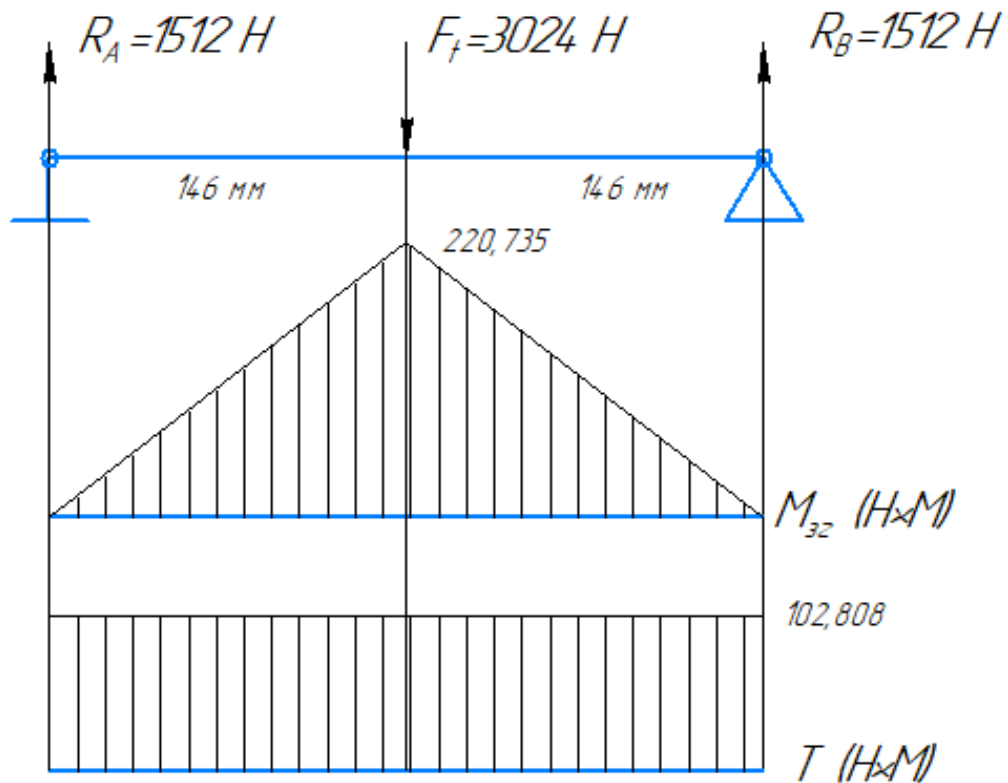


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема шліцевого вала

Діючі на шліцевий вал навантаження:

$$T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Колова сила [17]:

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_{max}} = \frac{2 \cdot 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}}{68 \text{ мм}} = 3024 \text{ Н} \quad (3.41)$$

Реакції опор:

$$F_y: R_A - F_t + R_B \quad (3.42)$$

$$M_A = -F_t \cdot L/2 + R_B \cdot L = 0 \quad (3.43)$$

$$R_B = \frac{F_t \cdot L/2}{L} = \frac{3024 \text{ Н} \cdot 146 \text{ мм}}{292 \text{ мм}} = 1512 \text{ Н} \quad (3.44)$$

$$R_A = F_t - R_B = 3024 \text{ Н} - 1512 \text{ Н} = 1512 \text{ Н} \quad (3.45)$$

Згинальний момент:

$$M_{max} = R_A \cdot L/2 = 1512 \text{ Н} \cdot 146 \text{ мм} = 220,735 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.46)$$

Екваторіальний момент опору поперечного перерізу шліцевого вала [21]:

$$W_{\text{труби}} = \frac{\pi \cdot (D_T^4 - d_T^4)}{32 \cdot D_T} = \frac{\pi \cdot (60^4 \text{ мм} - 52^4 \text{ мм})}{32 \cdot 60 \text{ мм}} = 20,313 \text{ см}^3 \quad (3.47)$$

Напруження при згині:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_{\text{труби}}} = \frac{220,735 \text{ Н} \cdot \text{м}}{20,313 \text{ см}^3} = 10,867 \text{ МПа} \quad (3.48)$$

$$M_{зг} = M_{max} = 220,735 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_K = T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За четвертою теорією міцності [22]:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{эКВ}} &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{32}{\pi \cdot d^3} \sqrt{M_{зг}^2 + 0,75M_K^2} = \\ &= \frac{32}{3,14 \cdot D_{min}^3} \sqrt{220,735^2 \text{ Н} \cdot \text{м} + 0,75 \cdot 102,808^2 \text{ Н} \cdot \text{м}} \\ &= 17,242 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.49)$$

$[\sigma_T] = 330$ — межа текучості сталі 40Х, нормалізованої. [19]

Розрахунок на міцність в небезпечному перерізі:

Відстань опорою та точкою прикладання сили $L = 292 \text{ мм}$

Реакції опор:

$$F_y: -F_t + R_A \quad (3.50)$$

$$M_A = -M + F_t \cdot L = 0 \quad (3.51)$$

$$R_A = F_t = 3024 \text{ Н} \quad (3.52)$$

$$M = F_t \cdot 292 \text{ мм} = 882,939 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.53)$$

Згинальний момент в небезпечному місці:

$$M_{max} = M = 882,939 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.$$

54)

Напруження при згині:

$$\sigma_{3\Gamma} = \frac{M_{max}}{W_{труби}} = \frac{882,939 \text{ Н} \cdot \text{м}}{20,313 \text{ см}^3} = 43,466 \text{ МПа} \quad (3.55)$$

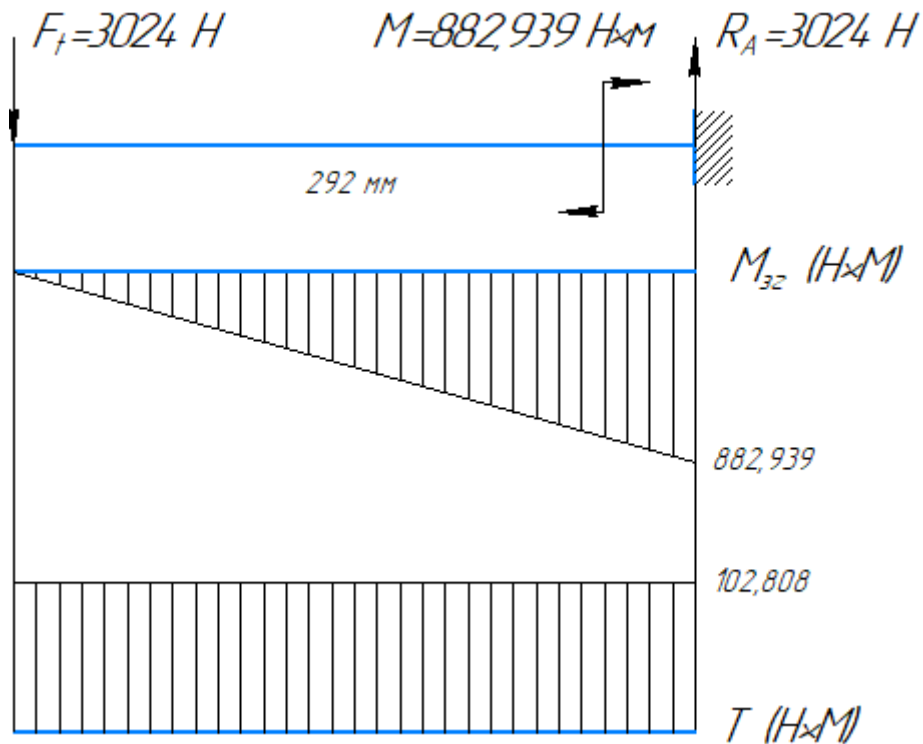


Рисунок 3.12 – Розрахункова схема шліцевого вала в небезпечному перерізі

$$M_{3\Gamma} = M_{max} = 882,939 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_K = T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За четвертою теорією міцності:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{эКВ}} &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{32}{\pi \cdot d^3} \sqrt{M_{3\Gamma}^2 + 0,75M_K^2} = \\ &= \frac{32}{3,14 \cdot D_{min}^3} \sqrt{882,939^2 \text{ Н} \cdot \text{м} + 0,75 \cdot 102,808^2 \text{ Н} \cdot \text{м}} \\ &= 64,286 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.56)$$

$[\sigma_T] = 330$ — межа текучості сталі 40Х, нормалізованої. [19]

3.2.3 Вибір підшипників

Динамічна вантажопідйомність та довговічність (ресурс) підшипника зв'язані емпіричною залежністю: $L = (C/P)^p$, де L – ресурс в млн. обертах;

C – паспортна динамічна вантажопідйомність підшипника – постійне навантаження, яке підшипник може витримати впродовж одного млн. обертів без ознак втомлення, не менш ніж у 90% із визначеного числа підшипників, що застосовувались у випробуваннях. Значення C приведені в каталогах.

P – показник степені кривої втомленості ($p = 3$ – для кулькових підшипників, $p = 10/3$ – для роликових). P – еквівалентне (розрахункове) навантаження на підшипник. [23]

Для переходу від кількості млн. обертів в ресурс у годинах [23]:

$$L_h = 10^6 \cdot \frac{L}{60 \cdot n} \quad (3.57)$$

Для радіальних кулькових та радіально-упорних кулькових та роликових підшипників, еквівалентне навантаження [23]:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_T \quad (3.58)$$

де F_r та F_a – радіальне та осьове навантаження на підшипник;

V – коефіцієнт обертання кільця ($V=1$ при обертанні внутрішнього кільця, $V=1,2$ – при обертанні зовнішнього кільця);

K_b – коефіцієнт безпеки, що враховує характер зовнішніх навантажень;

K_T – температурний коефіцієнт;

X та Y – коефіцієнти радіального та осьового навантажень.

Значення X та Y вибирають в залежності від значення відношення [23]:

$$F_a / V \cdot F_r \quad (3.59)$$

Осьова сила не впливає на величину еквівалентного навантаження до тих пір, доки величина відношення не перевищить певного значення коефіцієнта впливу осьового навантаження e . Тому при $F_a / V \cdot F_r \leq e$ розрахунок ведуть на дію тільки радіального навантаження, тобто $X = 1$, $Y = 0$. Якщо $F_a / V \cdot F_r > e$, то X та Y вибирають по довіднику в відповідності до певного підшипника. [23]

Коефіцієнт e для роликів конічних та кулькових радіально-упорних підшипників з кутами контакту $\alpha > 18^\circ$ та менше вибирається в залежності від відношення F_x/C_0 . Тут C_0 – статична вантажопідйомність підшипника.

В радіально-упорному підшипнику від дії радіальної сили виникає додаткове осьове навантаження S . Його значення для кулькових радіально-упорних підшипників визначається [23]:

$$S = e \cdot F_r \quad (3.60)$$

Для конічних роликів підшипників:

$$S = 0,83 \cdot e \cdot F_r \quad (3.61)$$

Базову статичну радіальну вантажопідйомність для кулькових радіальних та радіально-упорних підшипників розраховують по формулі [23]:

$$C_0 = f_0 \cdot i \cdot Z \cdot D_w^2 \cdot \cos(\alpha) \quad (3.62)$$

Значення коефіцієнта f_0 для кулькових підшипників наведені в ГОСТ18854-94

i – число рядів тіл кочення в підшипнику

Z – число кульок, або роликів в одному ряду підшипника

D_w – діаметр кульки

α – номінальний кут контакту підшипника [24]

Для більшості підшипників, статична вантажопідйомність та динамічна вантажопідйомність, являються визначеними та занесеними в каталоги.

Вибір підшипників у даному проекті:

- Підшипник d28 D52 B12 (Основний Вал, 2шт) [25]:

$C = 12,4$ кН – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 7,4$ кН – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 14000$ об/хв – пластичний лубрикант

$N_{ж} = 16000$ об/хв – рідкий лубрикант

$m = 0,097$ кг

- Підшипник d15 D32 B9 (Шків, 2шт) [25]

$C = 5,59$ кН – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 2,85 \text{ кН}$ – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 14000 \text{ об/хв}$ – пластичний лубрикант

$N_{ж} = 16000 \text{ об/хв}$ – рідкий лубрикант

$m = 0,027 \text{ кг}$

- Підшипник d65 D85 B10 (Кріплення шліцевого вала в корпусі, 1шт) [25]

$C = 11,7 \text{ кН}$ – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 9,15 \text{ кН}$ – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 7400 \text{ об/хв}$ – пластичний лубрикант

$N_{ж} = 8700 \text{ об/хв}$ – рідкий лубрикант

$m = 0,13 \text{ кг}$

- Підшипник d17 D23 B4 (Вал-муфта з редуктором)(6703) [25]

$C = 1 \text{ кН}$ – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 0,658 \text{ кН}$ – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 11000 \text{ об/хв}$ – пластичний лубрикант

$m = 0,005 \text{ кг}$

- Підшипник d35 D47 B7 (З'єднання вала двигуна з муфтою)(6807) [25]

$C = 4,75 \text{ кН}$ – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 3,2 \text{ кН}$ – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 13000 \text{ об/хв}$ – пластичний лубрикант

$N_{ж} = 16000 \text{ об/хв}$ – рідкий лубрикант

$m = 0,03 \text{ кг}$

- Підшипник d15D 24 B5 (Вал РП, 2шт)(61802) [25]

$C = 1,56 \text{ кН}$ – динамічна вантажопідйомність

$C_0 = 0,8 \text{ кН}$ – статична вантажопідйомність

$N_{пл} = 26000 \text{ об/хв}$ – пластичний лубрикант

$N_{ж} = 31000 \text{ об/хв}$ – рідкий лубрикант

$m = 0,03 \text{ кг}$

3.2.4 Вибір редуктора

Для коректної роботи лебідки, необхідний компактний редуктор, з редукцією в 15:1, який може витримувати момент в 102 Н*м. Отже обираємо планетарний редуктор TF080.

Максимальний крутний момент на вихідному редуктора:

$$M_{max} = T = 102,808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обираємо планетарний редуктор TF080 з передатним відношенням 15:1 та номінальним крутним моментом [26].

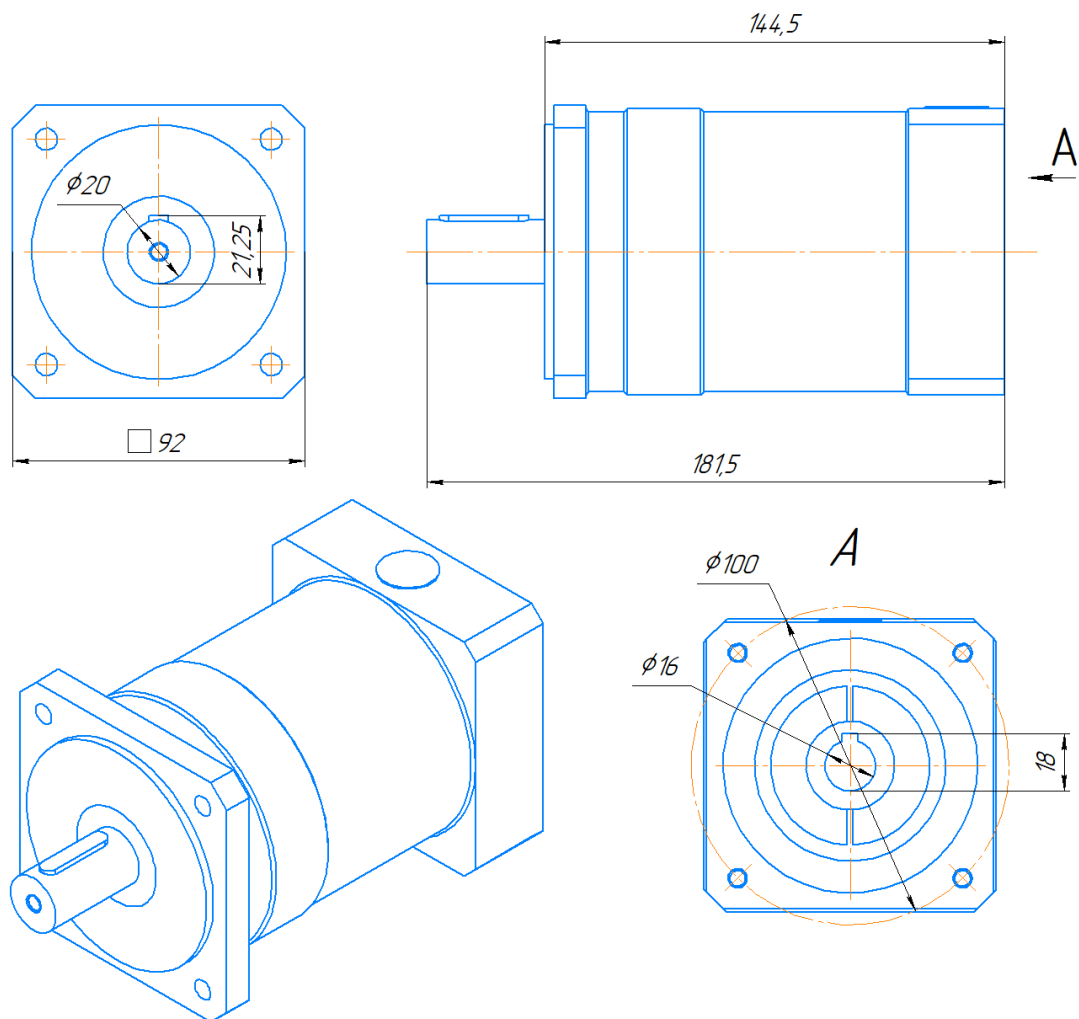


Рисунок 3.13 – Редуктор планетарний TF080 [26].

$M = 104 \text{ Н} \cdot \text{м}$, максимальні оберти на вхідному валу $n = 3600 \text{ об/хв}$,
КПД $\eta = 0,94$, Вага 5 кг, Температура роботи $0^\circ\text{C} \sim +90^\circ\text{C}$

3.2.5 Розрахунок редуктора РП

Конструктивні розміри зубчатого колеса

$$\beta = 0^\circ$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$a_w = 40 \text{ мм (1 – й ряд, ГОСТ 2185) [21]}$$

$u_1 = 2$ – редукція на ручний привід

Вибір модуля зачеплення:

$m_d = 0,025 \cdot 12 \text{ мм} = 0,3 \text{ мм}$ – модуль по зовнішньому діаметру вала двигуна

Модуль ручної передачі (1-й ряд, ГОСТ 9563-60) [21]:

$$\begin{aligned} m_1 &= 0,02 \cdot a_w = 0,02 \cdot 40 \text{ мм} = \\ &= 0,8 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.63)$$

$$\varphi = 20$$

Ширина колеса:

$$b = m \cdot \varphi = 0,8 \text{ мм} \cdot 20 = 16 \text{ мм} \quad (3.64)$$

Загальна кількість зубів:

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cos(\beta_1) \cdot a_w}{m} = \frac{2 \cos(0) \cdot 40 \text{ мм}}{0,8} = 100 \quad (3.65)$$

Кількість зубів шестерні:

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{(u_1 + 1)} = 33,3 \quad (3.66)$$

Приймаємо: $Z_1 = 33$

Кількість зубів колеса:

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1 = 66,6 \quad (3.67)$$

Приймаємо: $Z_2 = 67$

Передатне відношення:

$$u_2 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{67}{33} = 2,03 \quad (3.68)$$

Приймаємо: $u_2 = 2$

Ділильні діаметри

Ділильний діаметр шестерні:

$$d_{wd1} = m_1 \cdot Z_1 = 0,8\text{мм} \cdot 33 = 26,4\text{мм} \quad (3.69)$$

Ділильний діаметр колеса:

$$d_{wd2} = m_1 \cdot Z_2 = 0,8\text{мм} \cdot 67 = 53,6\text{мм} \quad (3.70)$$

$n_1 = 120$ об/хв – частота обертання рукоятки

Колова швидкість шестерні:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot m_1 \cdot Z_1 \cdot n_1}{\cos(\beta)} = \frac{3,14 \cdot 0,8\text{мм} \cdot 33 \cdot 120 \text{ об/хв}}{\cos(0^\circ)} = \\ &= 1,042 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned} \quad (3.71)$$

Частота обертання колеса:

$$n_2 = \frac{n_1}{2} = \frac{120 \text{ об/хв}}{2} = 60 \text{ об/хв} \quad (3.72)$$

Колова швидкість колеса:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{\pi \cdot m_1 \cdot Z_2 \cdot n_2}{\cos(\beta)} = \frac{3,14 \cdot 0,8\text{мм} \cdot 67 \cdot 60 \text{ об/хв}}{\cos(0^\circ)} = \\ &= 1,058 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned} \quad (3.73)$$

$\psi_{ba} = 0,315$ – коефіцієнт ширини вінця зубчатого колеса

➤ Колесо [21]:

$\tau = 25$ МПа – (25..30МПа)

$T_1 = T_d = 8,567$ Н · м – момент на валу колеса

Ширина колеса:

$$b_1 = a_w \cdot \psi_{ba} = 12,6\text{мм} \quad (3.74)$$

Приймаємо: $b = 13\text{мм}$

Діаметр отвору під вал колеса :

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{8,567}{0,2 \cdot 25 \text{ МПа}}} = \\ &= 11,946 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.75)$$

Приймаємо $d_1 = 12\text{мм}$

Товщина обода:

$$\delta_1 = 2 \cdot \frac{m_1}{\cos(\beta)} = 2 \cdot \frac{0,8\text{мм}}{\cos(0^\circ)} = 1,6 \text{ мм} \quad (3.76)$$

Товщина маточини:

$$\delta_{m1} = 0,35 \cdot d_1 = 0,35 \cdot 12\text{мм} = 4,2 \text{ мм} \quad (3.77)$$

Довжина маточини:

$$l_{m1} = 1,5 \cdot d_1 = 1,5 \cdot 12\text{мм} = 18 \text{ мм} \quad (3.78)$$

Товщина диска:

$$C_1 = 0,3 \cdot b_1 = 0,3 \cdot 12,6\text{мм} = 3,9 \text{ мм} \quad (3.79)$$

Внутрішній діаметр обода:

$$\begin{aligned} d_{o61} &= d_{wd2} - 2\delta_1 = 53,6\text{мм} - 2 \cdot 1,6 \text{ мм} = \\ &= 50,4 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.80)$$

Розмір фаски:

$$n_1 = 0,5 \cdot m_1 = 0,5 \cdot 0,8\text{мм} = 0,4 \text{ мм} \quad (3.81)$$

➤ Шестерня [21]:

Момент на валу шестерні:

$$T_2 = \frac{T_1}{u_1} = \frac{8,567 \text{ Н} \cdot \text{м}}{2} = 4,282 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.82)$$

Ширина шестерні:

$$b_2 = b_1 + 2\text{мм} = 13\text{мм} + 2\text{мм} = 15\text{мм} \quad (3.83)$$

Діаметр отвору під вал шестерні:

$$\begin{aligned} d_2 &= \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{4,282 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,2 \cdot 25 \text{ МПа}}} = \\ &= 9,48 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.84)$$

приймаємо $d_2 = 9,5 \text{ мм}$

Товщина обода:

$$\delta_2 = 2 \cdot \frac{m_1}{\cos(\beta)} = 2 \cdot \frac{0,8\text{мм}}{\cos(0^\circ)} = 1,6 \text{ мм} \quad (3.85)$$

Товщина маточини:

$$\delta_{m2} = 0,25 \cdot d_2 = 0,25 \cdot 9,5 \text{ мм} = 2,375 \text{ мм} \quad (3.86)$$

Довжина маточини:

$$l_{m2} = 1 \cdot d_2 = 1 \cdot 9,5 \text{ мм} = 9,5 \text{ мм} \quad (3.87)$$

Товщина диска:

$$C_2 = 0,15 \cdot b_2 = 0,15 \cdot 15 \text{ мм} = 2,25 \text{ мм} \quad (3.88)$$

Внутрішній діаметр обода:

$$\begin{aligned} d_{o62} &= d_{wd1} - 2\delta_2 = 26,4 \text{ мм} - 2 \cdot 1,6 \text{ мм} = \\ &= 23,2 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.89)$$

Розмір фаски:

$$n_2 = 0,5 \cdot m_1 = 0,5 \cdot 0,8 \text{ мм} = 0,4 \text{ мм} \quad (3.90)$$

3.3 Розрахунок храповиків

3.3.1 Розрахунок храповика РП

Попереднє число зубів храпового колеса приймають $z = 12 \dots 20$

Приймаємо $z = 16$

Фактичний кут повороту храпового колеса (на один зуб):

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{16} = 22,5^\circ \quad (3.91)$$

Крутний момент на валу храпового колеса:

$$M_{rp} = 17,047 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме напруження на згин (для Ст2):

$$\sigma_H = 100 \text{ МПа}$$

Відношення ширини колеса [21]:

Для Ст2 $\psi = 1,0 \dots 2,0$; обираємо $\psi = 1,5$

$$m_x = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{rp}}{z \cdot \psi \cdot \sigma_H}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{17,135 \text{ Н} \cdot \text{м}}{16 \cdot 1,5 \cdot 100 \text{ МПа}}} = 3,37 \text{ мм} \quad (3.92)$$

Обираємо відповідно до стандартного ряду: $m_x = 3,5\text{мм}$

$b_3 = 3\text{мм}$ – ширина зуба храповика

$q = 350 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ – допустимий тиск на одиницю довжини зуба (для Ст2)

Перевірка лінійного тиску [21]:

$$\begin{aligned} \frac{2 \cdot M_{\text{рп}}}{m_x \cdot z \cdot b_3} &= \frac{2 \cdot 17,135 \text{ Н} \cdot \text{м}}{3,5\text{мм} \cdot 16 \cdot 3\text{мм}} = \\ &= 203,988 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} < q = 350 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \end{aligned} \quad (3.93)$$

Умова виконується.

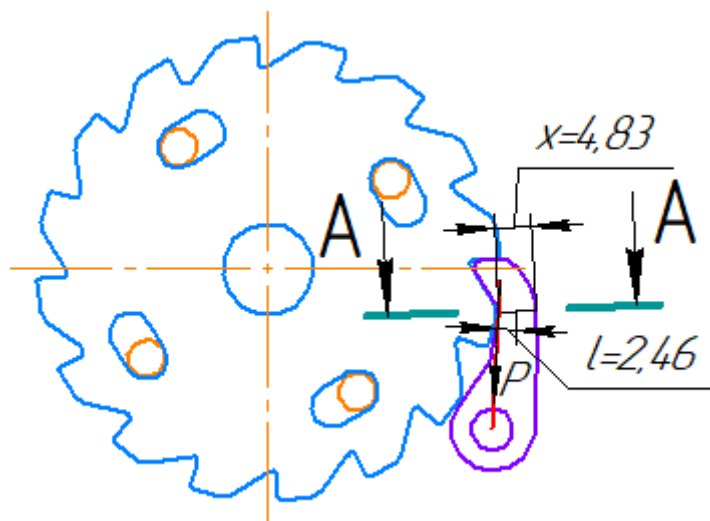


Рисунок 3.14 – Розрахункова схема храповика РП

$b_{\text{сб}} = 5\text{мм}$ – товщина собачки

$l = 2,46\text{мм}$ – плече згину

Колова сила:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\text{рп}}}{m_x \cdot z} = \frac{2 \cdot 17,135 \text{ Н} \cdot \text{м}}{3,5\text{мм} \cdot 16} = 611,964 \text{ Н} \quad (3.94)$$

Згинаючий момент:

$$M_{\text{зг}} = P \cdot l = 611,964 \text{ Н} \cdot 2,46 \text{ мм} = 1,505 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.95)$$

Екваторіальний момент опору для собачки:

$$W_{\text{сб}} = \frac{b_{\text{сб}} \cdot x^2}{6} = \frac{5\text{мм} \cdot 4,83^2}{6} = 0,019 \text{ см}^3 \quad (3.96)$$

$$F = b_{сб} \cdot x = 5 \text{ мм} \cdot 4,83 \text{ мм} = 24,15 \text{ мм}^2 \quad (3.97)$$

Напруження в небезпечному перерізі А-А, собачки:

$$\begin{aligned} \sigma_{зг} &= \frac{M_{зг}}{W_{сб}} + \frac{P}{F} = \frac{1,505 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,019 \text{ см}^3} + \frac{611,964 \text{ Н}}{24,15 \text{ мм}^2} = \\ &= 102,777 \text{ МПа} < [\sigma_{зг}] = 140 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.98)$$

Умова виконується.

3.3.2 Розрахунок храповика двигуна

Попереднє число зубів храпового колеса приймають $z = 12 \dots 20$

Приймаємо $z = 16$

Фактичний кут повороту храпового колеса (на один зуб):

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{16} = 22,5^\circ \quad (3.99)$$

Крутний момент на валу храпового колеса:

$$M_d = 8,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме напруження на згин (для Ст2):

$$\sigma_H = 100 \text{ МПа}$$

Відношення ширини колеса до модуля ψ [21]:

Для Ст2 $\psi = 1,0 \dots 2,0$; обираємо $\psi = 1,5$

$$m_x = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_d}{z \cdot \psi \cdot \sigma_H}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{8,567 \text{ Н} \cdot \text{м}}{16 \cdot 1,5 \cdot 100 \text{ МПа}}} = 2,675 \text{ мм} \quad (3.100)$$

Обираємо відповідно до стандартного ряду: $m_x = 2,5 \text{ мм}$

$b_3 = 3 \text{ мм}$ — ширина зуба храповика

$q = 350 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ — допустимий тиск на одиницю довжини зуба (для Ст2)

Перевірка лінійного тиску:

$$\frac{2 \cdot M_d}{m_x \cdot z \cdot b_3} = \frac{2 \cdot 8,567 \text{ Н} \cdot \text{м}}{2,5 \text{ мм} \cdot 16 \cdot 3 \text{ мм}} = \quad (3.101)$$

$$= 142,783 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} < q = 350 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Умова виконується.

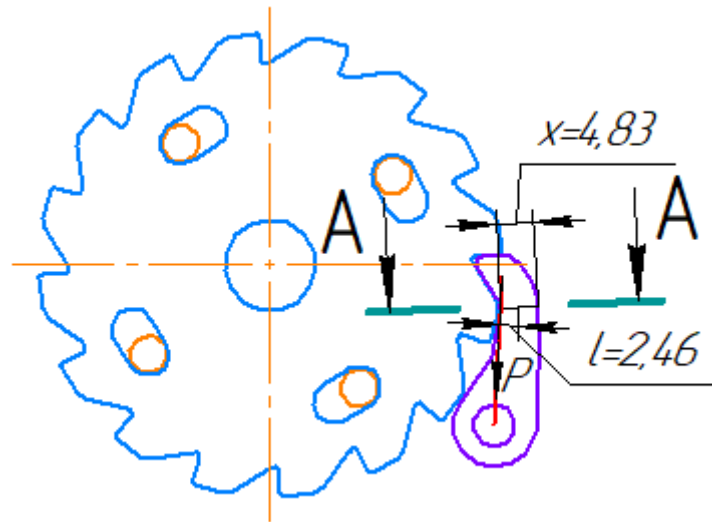


Рисунок 3.15 – Розрахункова схема храповика двигуна

$b_{сб} = 5\text{мм}$ – товщина собачки

$l = 2,46\text{мм}$ – плече згину

Колова сила:

$$P = \frac{2 \cdot M_d}{m_x \cdot z} = \frac{2 \cdot 8,567 \text{ Н} \cdot \text{м}}{2,5 \text{ мм} \cdot 16} = 428,35 \text{ Н} \quad (3.102)$$

Згинаючий момент:

$$M_{зг} = P \cdot l = 304,393 \text{ Н} \cdot 2,46 \text{ мм} = 1,054 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.103)$$

Екваторіальний момент опору:

$$W_{сб} = \frac{b_{сб} \cdot x^2}{6} = \frac{5 \cdot 4,83^2}{6} = 0,019 \text{ см}^3 \quad (3.104)$$

$$F = b_{сб} \cdot x = 5\text{мм} \cdot 4,83\text{мм} = 24,15 \text{ мм}^2 \quad (3.105)$$

Напруження в небезпечному перерізі А-А, собачки:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{сб}} + \frac{P}{F} = \frac{1,054 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,019 \text{ см}^3} + \frac{428,35 \text{ Н}}{24,15 \text{ мм}^2} = 71,94 \text{ МПа} < [\sigma_{зг}] \quad (3.106)$$

$$= 140 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологія виготовлення вантажопідйомних барабанів

Грузові барабани на зовнішній поверхні мають гвинтові канавки для укладки каната. Характерною конструктивною особливістю барабанів, що ускладнює технологічні процеси виконання заготовок і механічної обробки, являється їх тонкостінність. Так, наприклад для грузопідйомного барабана діаметром 1000мм і довжиною 5000мм, а масою 4т товщина стінки складає 30мм при допустимому відхиленні $\pm 2,5$ мм [27].

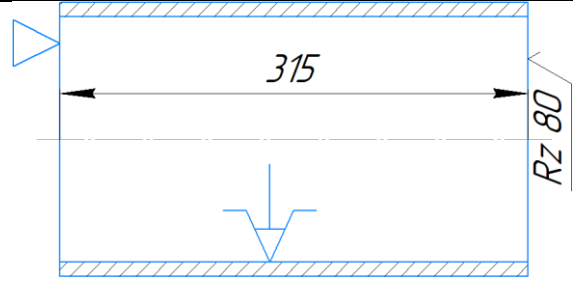
Найбільш відповідальні поверхні барабанів, по яким вони сполучаються зі ступицею чи зубчатим колесом, оброблюють по 8 квалітету.

Торцеве биття поверхонь, що прилягають до ступиці чи шестерні відносно вісі барабана не повинно перевищувати 0,1 мм на діаметр. Діаметр барабана, що вимірюється по дну канавки для каната, виконується по 12-му квалітету.

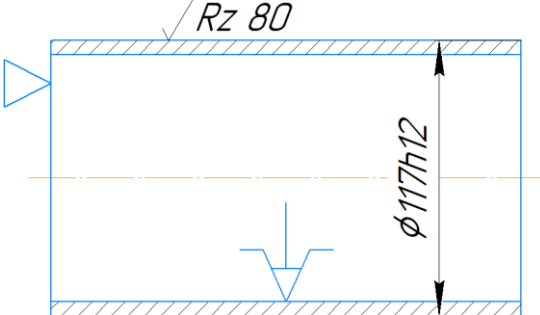
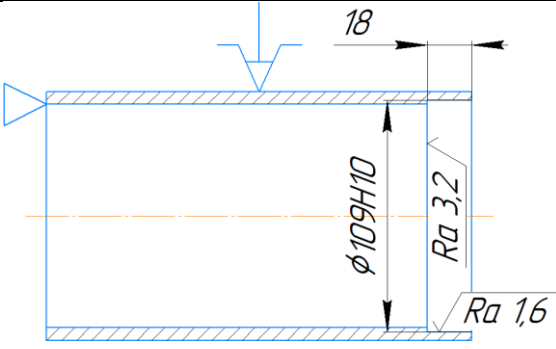
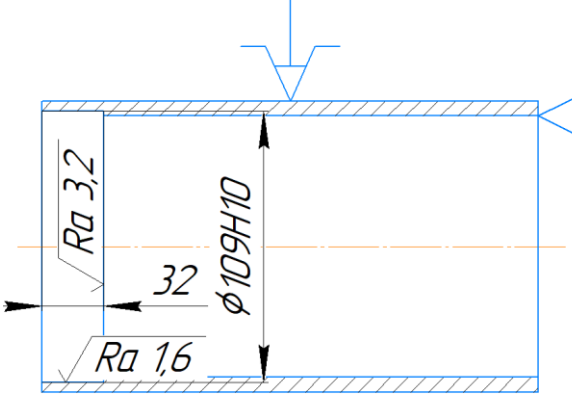
Отвори під болти для встановлення ступиці чи шестерні оброблюються по 7-му квалітету при забезпеченні точного співпадіння зі спряженою деталлю по кроку. [27].

4.2 Технологічний процес

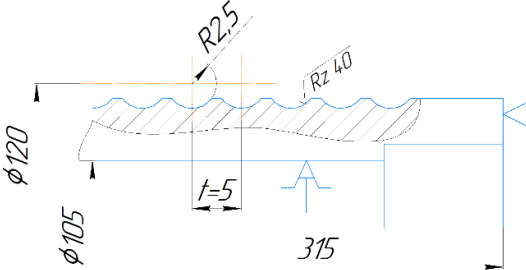
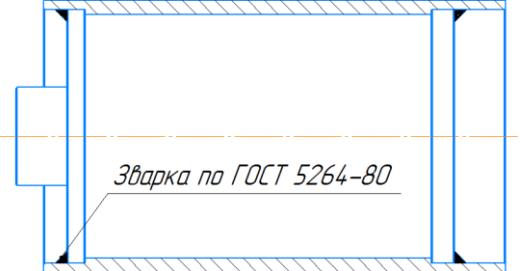
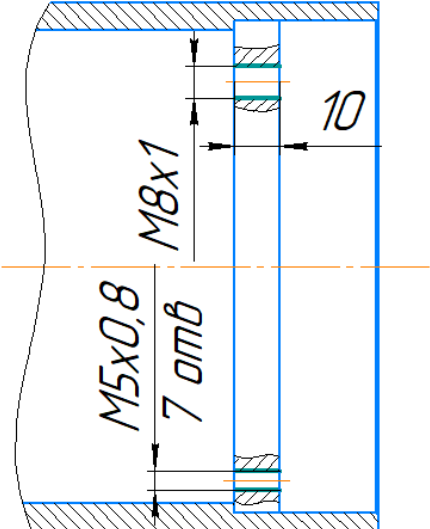
Таблиця 4.2.1 – Базовий технологічний процес

Наменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Прийоми
005 Заготівельна Відрізати заготовку		DMG MORI CTX 310 SIEMENS 840D; Абразивний круг	Трьохкулачковий самоцентруючий патрон

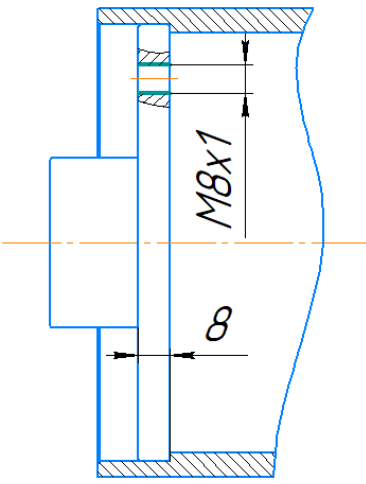
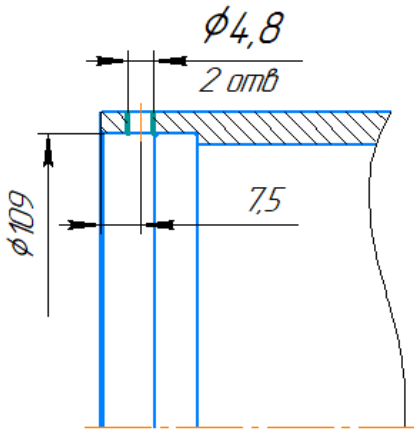
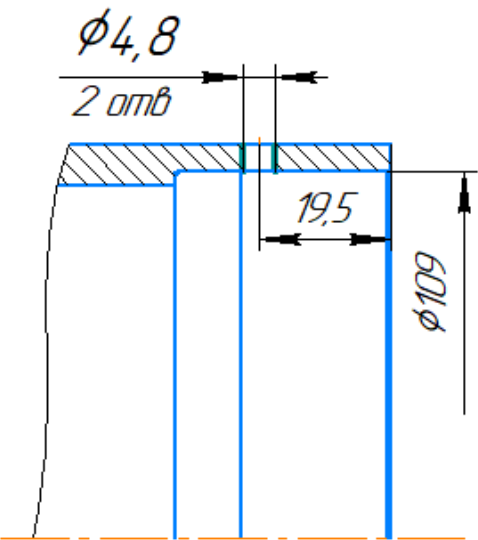
Продовження таблиці 4.2.2

Наменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
010 Токарна Точити поверхню $\phi 117h12$ напрохід		DMG MORI CTX 310 SIEMENS 840D; Різець прохідний AKKO TCKNR 2525 M12, пластина CNMG 1204 T15K6	Закріплення в центрах
015 Розточна Розточити отвір $\phi 109H10$ начорно, начисто, на глибину 18мм		DMG MORI CTX 310 SIEMENS 840D; Різець розточний AKKO S25S MWLNR 08-Z, пластина WNMG 0804 T15K6	Трьохкулачковий самоцентруючий
020 Розточна Розточити отвір $\phi 109H10$ начорно, начисто, на глибину 32мм		DMG MORI CTX 310 SIEMENS 840D; Різець розточний AKKO S25S MWLNR 08-Z, пластина WNMG 0804 T15K6	Трьохкулачковий самоцентруючий патрон

Продовження таблиці 4.2.3

Наменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
025 Токарна Точити канавки R2,5 кроком 5мм, на всю довжину		DMG MORI CTX 310 SIEMENS 840D; Різець токарний радіусний AKKO SRDCN 2525 M5C, пластина RCMT 5T3 T15K6	Закріплення в центрах
030 Зварювальна Зібрати барабан з діафрагмами та обварити		Електрод, зварювальне обладнання	УСП
035 Свердлильна Свердлити 7 отворів Ø4,2 Розвернути начисто Ø4,2H7 Нарізати різьбу M5x0,8 Свердлити отвір Ø6,8 Розвернути начорно Ø7H10 Розвернути начисто Ø7H7 Нарізати різьбу M8x1		Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 Свердло Ø4,2мм ГОСТ 10902-77, Розвіртка Ø4,2H7 ГОСТ 1672-80 Мітчик M5x0,8 ГОСТ 3266-81 Свердло Ø6,8мм ГОСТ 10902-77 Розвіртка Ø7H10 ГОСТ 1672-80 Розвіртка Ø7H7 ГОСТ 1672-80 Мітчик M8x1 ГОСТ 3266-81	Тиски з призматичними губками. Кондуктор-пристосування

Продовження таблиці 4.2.4

Наменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
040 Свердлильна Свердлити отвір $\varnothing 6,8$ наскрізь Розвернути Начорно $\varnothing 7H7$ Розвернути Начисто $\varnothing 7H7$ Нарізати різьбу $M8 \times 1$ наскрізь		Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 Свердло $\varnothing 6,8\text{мм}$ ГОСТ 10902-77 Розвіртка $\varnothing 7H10$ ГОСТ 1672-80 Розвіртка $\varnothing 7H7$ ГОСТ 1672-80 Мітчик $M8 \times 1$ ГОСТ 3266-81	Тиски ³ призматичними губками. Кондуктор-пристосування
045 Свердлильна Свердлити отвори $\varnothing 4,8$ 2		Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 $\varnothing 4,8$ ГОСТ 10902-77	Ділильна головка.
050 Свердлильна Свердлити отвори $\varnothing 4,8$ 2		Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 $\varnothing 4,8$ ГОСТ 10902-77	Ділильна головка.

4.3 Операційні припуски

Припуск на обробку – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі її обробки для забезпечення заданої якості деталі.

Розрізняють припуски проміжні та загальні.

Проміжний припуск – це шар, що знімається при виконанні даного технологічного переходу механічної обробки. Визначається як різниця розмірів заготовки, що отримуються на суміжному попередньому і тому, що виконується, переходах.

Загальний припуск – це сума проміжних припусків по всьому технологічному маршруту механічної обробки даної поверхні. Загальний припуск визначається як різниця розмірів заготовки і готової деталі.

При проектуванні технологічних процесів важливе місце займає визначення припусків на обробку. Встановлення оптимальних припусків на обробку та технологічних допусків на розміри заготовок по всіх переходах має значне техніко-економічне значення. Перебільшені припуски викликають перевитрату матеріалу при виготовленні деталей і необхідність введення додаткових технологічних переходів, збільшують трудомісткість процесів обробки, витрату енергії, ріжучого інструменту, підвищують собівартість обробки деталі.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений по відповідним таблицям (виробничий метод) або на основі розрахунку (розрахунково-аналітичний метод). Останній спосіб зменшує в середньому відхід металу в стружку в порівнянні з табличним, створює єдину систему визначення припусків на обробку і розмірів заготовок, вводить наукову основу в машинобудівне виробництво, сприяє підвищенню його технологічної культури.

Початкові дані:

- Мінімальний зовнішній діаметр барабана 117мм
- Максимальний внутрішній діаметр барабана 109мм
- Відрізка заготовки барабана, із труби Ø120x10 сортового прокату Ст2 (труба стальна холоднодеформована за ГОСТ 8734-75)

- Чорнове обточування заготовки з закріпленням в центрах (12 квалітет)
 - Чорнове (12 квалітет) та чистове (10 квалітет) розточування внутрішніх отворів з закріпленням в трьохкулачковому самоцентруючому патроні
- Граничні відхилення прокату сталевого для діаметра 120 мм та нормальної точності прокату становлять $\begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ мм, відповідно допуск на виготовлення заготовки $IT = 2200$ мкм [28]

Глибина дефектного поверхневого шару, для прокату холоднотянутого $h = 100$ мкм [29]

Шорсткість поверхні труби $Rz = 80$ мкм [29]

Якість поверхні при чорновому обточуванні $\varnothing 117h12$ складає: $Rz = 63$ мкм, $h = 60$, точність $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,35 \end{smallmatrix}$ мм, сумарне значення просторових відхилень після прокату холоднотягнутого $\Delta = 290$ мкм [29]. Мінімальний проміжний припуск для переходу чорнового точіння $117h12$ [28]:

$$\begin{aligned} 2Z_{\min 2} &= 2(Rz_1 + h_1 + \Delta_1) = 2(80 \text{ мкм} + 100 \text{ мкм} + 290 \text{ мкм}) \\ &= 940 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Максимальний припуск на обробку [28]:

$$\begin{aligned} 2Z_{\max} &= 2Z_{\min} + T_{D1} - T_{D2} = 940 \text{ мкм} + 2200 \text{ мкм} - 350 \text{ мкм} \\ &= 2790 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Мінімальний граничний розмір поверхні на попередньому переході [28]:

$$d_{\min 1} = d_{\min 2} + 2Z_{\min 2} = 116,65 \text{ мм} + 940 \text{ мкм} = 117,59 \text{ мм} \quad (4.3)$$

Максимальний граничний розмір поверхні на попередньому переході [28]:

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} + IT_{d1} = 117,59 \text{ мм} + 2200 \text{ мкм} = 119,79 \text{ мм} \quad (4.4)$$

$$d_{\max 2} = d_{\min 2} + IT_{d2} = 116,65 \text{ мм} + 350 \text{ мкм} = 117 \text{ мм} \quad (4.5)$$

Якість поверхні при чорновому обточуванні $\varnothing 109H12$ складає:

$Rz = 63$ мкм, $h = 60$, точність $\begin{smallmatrix} +0,35 \\ 0 \end{smallmatrix}$ мм, сумарне значення просторових відхилень після прокату холоднотягнутого $\Delta = 290$ мкм.

Якість поверхні при чистовому обточуванні $\varnothing 109H10$ складає:

$Rz = 20$ мкм, $h = 30$, точність $\begin{smallmatrix} +0,14 \\ 0 \end{smallmatrix}$ мм, значення просторових відхилень після закріплення в трьохкулачковому самоцентруючому патроні $\Delta = 100$ мкм [29]

Мінімальний проміжний припуск для переходу чорнового точіння 109Н12 [28]:

$$\begin{aligned} 2Z_{min3} &= 2(Rz_1 + h_1 + \Delta_1) = 2(80\text{мкм} + 100\text{мкм} + 290\text{мкм}) \\ &= 940\text{мкм} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Максимальний припуск на обробку:

$$\begin{aligned} 2Z_{max} &= 2Z_{3min} + T_{D1} - T_{D3} = 940\text{мкм} + 2200\text{мкм} - 350\text{мкм} \\ &= 2790\text{мкм} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Мінімальний проміжний припуск для переходу чистового точіння 109Н10 [28]:

$$\begin{aligned} 2Z_{min4} &= 2(Rz_3 + h_3 + \Delta_3) = 2(63\text{мкм} + 60\text{мкм} + 100\text{мкм}) \\ &= 446\text{мкм} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Максимальний припуск на обробку:

$$\begin{aligned} 2Z_{max} &= 2Z_{4min} + T_{D3} - T_{D4} = 940\text{мкм} + 350\text{мкм} - 140\text{мкм} \\ &= 1150\text{мкм} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Максимальний граничний розмір поверхні [28]:

$$D_{min4} = 109,14\text{мм (після чистового точіння)}$$

Після чорнового точіння:

$$D_{max3} = D_{max4} - 2Z_{min4} = 109,14\text{мм} - 446\text{мкм} = 108,694\text{мм} \quad (4.10)$$

Після прокату:

$$D_{max1} = D_{max3} - 2Z_{min3} = 108,694\text{мм} - 940\text{мкм} = 108,754\text{мм} \quad (4.11)$$

Мінімальний граничний розмір поверхні [28]:

$$\begin{aligned} D_{min1} &= D_{max1} - IT_{D1} = 108,754\text{мм} - 2200\text{мкм} = 106,554\text{мм} \\ &\text{(після прокату)} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Після чорнового точіння:

$$\begin{aligned} D_{min3} &= D_{max3} - IT_{D3} = 108,694\text{мм} - 350\text{мкм} = 108,344\text{мм} \\ D_{min4} &= 109\text{мм (після чистового точіння)} \end{aligned} \quad (4.13)$$

Таблиця 4.3.1 – Припуски на обробку [30]

Технологічні операції та переходи обробки поверхонь	Елементи припуски, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz_{i-1} (мкм)	h_{i-1} (мкм)	Δ_{i-1} (мкм)	ε_i				max	min	max	min
Зовнішній діаметр											
Заготовка (Прокат, холодне деформування)	200	300	290		-	117	2200	119,79	117,59	-	-
Точіння -чорнове	63	60	0		940	117	350	117	116,65	2790	940
Внутрішній діаметр											
Заготовка (Прокат, холодне деформування)	200	300	290		-	109	2200	108,754	106,554	-	-
Точіння -чорнове	63	60	100		940	109	350	108,694	108,344	2790	940
Точіння -чистове	20	30	200		446	109	140	109,14	109	1150	446

4.4 Розрахунок режимів різання на механічну обробку обичайки барабана

Операція 010

Токарна

Чорнове точіння Ø117h12 напрохід

Матеріал - Ст2

Устаткування – DMG MORI CTX 310

Інструмент – Різець АККО TCKNR 2525 M12, пластина CNMG 1204 T15K6

Глибина різання – 2,79мм

Подача: $S = 1,1$ мм/об [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{350 \cdot 1,162}{60^{0,2} \cdot 1,1^{0,35} \cdot 2,79^{0,15}} = 148,702 \text{ м/хв} \quad (4.14)$$

$C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$; [30]

T – період стійкості різця, $T = 60$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.15)$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховуються

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{320} \right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.16)$$

$K_{nv} = 0,9$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує стан поверхні заготовки

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 148,702 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 109 \text{ мм}} = 404 \text{ хв}^{-1} \quad (4.17)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 400 \text{ хв}^{-1}$

Сила різання:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 2,79^{1,0} \cdot 0,66^{0,75} \cdot 148,702^{-0,15} \cdot 0,9 \\ &= 2605 \text{ Н} \end{aligned} \quad (4.18)$$

$C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [30]:

Потужність:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{2605 \cdot 148,702}{1000 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт} \quad (4.19)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{315 \text{ мм}}{400 \text{ хв}^{-1} \cdot 1,1 \text{ мм/об}} = 0,716 \text{ хв} \quad (4.20)$$

Операція 015

Токарна

Чорнове розточування $\varnothing 109 \text{H}12$ на глибину 18 мм

Матеріал - Ст2

Устаткування – DMG MORI CTX 310

Інструмент – Різець АККО TCKNR 2525 M12, пластина CNMG 1204 T15K6

Глибина різання – 2,79мм

Подача: $S = 1,1 \text{ мм/об}$ [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{350 \cdot 1,162}{60^{0,2} \cdot 1,1^{0,35} \cdot 2,79^{0,15}} = 148,702 \text{ м/хв} \quad (4.21)$$

$C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$; [30]

T – період стійкості різця, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.22)$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховуються

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = \left(\frac{750}{320}\right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.23)$$

$K_{nv} = 0,9$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує стан поверхні заготовки

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 148,702 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 109 \text{ мм}} = 434 \text{ хв}^{-1} \quad (4.24)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 450 \text{ хв}^{-1}$

Сила різання:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 2,79^{1,0} \cdot 0,66^{0,75} \cdot 148,702^{-0,15} \cdot 0,9 \\ &= 2605 \text{ Н} \end{aligned} \quad (4.25)$$

$C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [30]

Потужність:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{2605 \cdot 148,702}{1000 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт} \quad (4.26)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{18 \text{ мм}}{450 \text{ хв}^{-1} \cdot 1,1 \text{ мм/об}} = 0,036 \text{ хв} \quad (4.27)$$

Токарна

Чистове розточування Ø109Н10, на глибину 18мм

Матеріал - Ст2

Устаткування – DMG MORI CTX 310

Інструмент – Різець АККО TCKNR 2525 M12, пластина CNMG 1204 T15K6

Глибина різання – 1,15мм

Подача: $S = 0,33 \text{ мм/об}$ [30]

Режими різання:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{350 \cdot 1,162}{60^{0,2} \cdot 0,33^{0,35} \cdot 1,15^{0,15}} = 258,857 \text{ м/хв} \quad (4.28)$$

$$C_v = 350 ; x = 0,15 ; y = 0,35 ; m = 0,2 ; [30]$$

T – період стійкості різця, $T = 60$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.29)$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховуються

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{320} \right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.30)$$

$K_{nv} = 0,9$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує стан поверхні заготовки

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 258,857 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 109 \text{ мм}} = 756,3 \text{ хв}^{-1} \quad (4.31)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 800 \text{ хв}^{-1}$

Сила різання:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1,15^{1,0} \cdot 0,33^{0,75} \cdot 258,857^{-0,15} \cdot 0,9 \\ &= 988 \text{ Н} \end{aligned} \quad (4.32)$$

$$C_p = 300 ; x = 1,0 ; y = 0,75 ; n = -0,15 ; [30]$$

Потужність:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{988 \text{ Н} \cdot 258,857 \text{ м/хв}}{1000 \cdot 60} = 4,2 \text{ кВт} \quad (4.33)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{18\text{мм}}{800 \text{ хв}^{-1} \cdot 0,33 \text{ мм/об}} = 0,08\text{хв} \quad (4.34)$$

Операція 025

Токарна

Точіння канавок R2,5 мм з кроком 5 мм, по діаметру 115 мм, напрохід

Матеріал - Ст2

Устаткування – DMG MORI CTX 310

Інструмент – Різець AKKO SRDCN 2525 M5C, пластина RCMT 5T3 T15K6

Глибина різання – 1 мм

Подача: S = 5 мм/об [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{350 \cdot 1,162}{60^{0,2} \cdot 5^{0,35} \cdot 1^{0,15}} = 102,095 \text{ м/хв} \quad (4.35)$$

$C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$; [30]

T – період стійкості різця, T = 60 хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.36)$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховуються

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{320} \right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.37)$$

$K_{nv} = 0,9$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує стан поверхні заготовки

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 102,095 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 115\text{мм}} = 282,7 \text{ хв}^{-1} \quad (4.38)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 300 \text{ хв}^{-1}$

Сила різання:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1^{1,0} \cdot 5^{0,75} \cdot 102,095^{-0,15} \cdot 0,9 = 4511 \text{ Н} \end{aligned} \quad (4.39)$$

$C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [30]

Потужність:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{2605 \cdot 102,095}{1000 \cdot 60} = 7,7 \text{ кВт} \quad (4.40)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{315 \text{ мм}}{300 \text{ хв}^{-1} \cdot 5 \text{ мм/об}} = 0,21 \text{ хв} \quad (4.41)$$

Операція 040

Свердлильна

Матеріал - Ст2

Устаткування – Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

Інструмент – Свердло Ø6,8 ГОСТ 10902-77, Розвіртка чорнова Ø7Н10 ГОСТ 1672-80, Розвіртка чистова Ø7Н7 ГОСТ 1672-80, Мітчик М8х1 ГОСТ 3266-81.

Свердлити отвір Ø7

Глибина різання $t = 6,8/2 = 3,4 \text{ мм}$

Подача: $S = 0,2 \text{ мм/об}$ [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{7,0 \cdot 6,8^{0,4} \cdot 1,162}{25^{0,2} \cdot 0,26^{0,7}} = 23,616 \text{ м/хв} \quad (4.42)$$

$C_v = 7,0$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$; [30]

T – період стійкості свердла, $T = 25 \text{ хв}$;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.43)$$

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = \left(\frac{750}{320}\right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.44)$$

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,616 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 6,8 \text{ мм}} = 1105 \text{ хв}^{-1} \quad (4.45)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,8^{2,0} \cdot 0,26^{0,8} \cdot 0,565 \quad (4.46)$$
$$= 3,066 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8;$

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{350}{750}\right)^{0,75} = 0,565 \quad (4.47)$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,8^{1,0} \cdot 0,26^{0,7} \cdot 0,565 \quad (4.48)$$
$$= 1017 \text{ Н}$$

$C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7;$

Потужність:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,066 \text{ Н} \times \text{м} \cdot 1000 \text{ хв}^{-1}}{9750} = 0,348 \text{ кВт} \quad (4.49)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{15 \text{ мм}}{1000 \text{ хв}^{-1} \cdot 0,26 \text{ мм/об}} = 0,058 \text{ хв} \quad (4.50)$$

При скрізному свердлінні враховується виліт свердла:

$$L = l + 3 + \frac{D}{2 \cdot \tan(\varphi)} = l + 3 + \frac{6,8}{2 \cdot \tan(60^\circ)} = 14,963 \text{ мм} \quad (4.51)$$

$l = 10$ мм – товщина заготовки

$2\varphi = 120^\circ$ – кут при вершині

Розвернути отвір Ø7H10 начорно

Глибина різання $t = 0,5(6,95 - 6,8) = 0,07$

Подача: $S = 0,8$ мм/об [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{10,5 \cdot 6,95^{0,3} \cdot 1,162}{25^{0,4} \cdot 0,07^{0,2} \cdot 0,8^{0,5}} = 11,851 \text{ м/хв} \quad (4.52)$$

$C_v = 10,5$; $q = 0,3$; $y = 0,65$; $m = 0,4$; $x = 0,2$;

T – період стійкості свердла, $T = 25$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.53)$$

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{320} \right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.54)$$

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,851 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 6,95 \text{ мм}} = 542,769 \text{ хв}^{-1} \quad (4.55)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 500 \text{ хв}^{-1}$

Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} = \frac{200 \cdot 0,07^1 \cdot 0,133^{0,75} \cdot 6,95 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,644 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.56)$$

$C_p = 200$; $t = 0,07$; $y = 0,75$; $x = 1$;

$z = 6$ – Кількість зубів розвіртки

Подача на один зуб:

$$S_z = \frac{s}{z} = \frac{0,8}{6} = 0,133 \quad (4.57)$$

Потужність:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,644 \text{ Н} \times \text{м} \cdot 500 \text{ хв}^{-1}}{9750} = 0,036 \text{ кВт} \quad (4.58)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{17 \text{ мм}}{500 \text{ хв}^{-1} \cdot 0,8 \text{ мм/об}} = 0,042 \text{ хв} \quad (4.59)$$

При розвірчуванні:

$$L = l + D = 10 \text{ мм} + 6,95 \text{ мм} = 16,95 \text{ мм} \quad (4.60)$$

$l = 10 \text{ мм}$ – товщина заготовки

Розвернути отвір Ø7Н7 начисто

Глибина різання $t = 0,5(7 - 6,95) = 0,025$

Подача: $S = 0,8 \text{ мм/об}$ [30]

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{10,5 \cdot 7^{0,3} \cdot 1,162}{25^{0,4} \cdot 0,025^{0,2} \cdot 0,8^{0,5}} = 14,592 \text{ м/хв} \quad (4.61)$$

$C_v = 10,5$; $q = 0,3$; $y = 0,65$; $m = 0,4$; $x = 0,2$;

T – період стійкості свердла, $T = 25 \text{ хв}$;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,291 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,162 \quad (4.62)$$

K_{mv} – поправочний коефіцієнт,

що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [30]

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{320} \right)^{0,3} = 1,291 \quad (4.63)$$

$K_{uv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал інструмента

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,592 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 7 \text{ мм}} = 663,54 \text{ хв}^{-1} \quad (4.64)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 710 \text{ хв}^{-1}$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} = \frac{200 \cdot 0,025^1 \cdot 0,133^{0,75} \cdot 7 \cdot 6}{2 \cdot 100} \quad (4.65)$$

$$= 0,649 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_p = 200; t = 0,07; y = 0,75; x = 1;$$

$z = 6$ – Кількість зубів розвіртки

$$S_z = \frac{s}{z} = \frac{0,8}{6} = 0,133 \text{ – подача на один зуб розвіртки}$$

Потужність:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{0,649 \text{ Н} \times \text{м} \cdot 710 \text{ хв}^{-1}}{9750} = 0,044 \text{ кВт} \quad (4.66)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{17 \text{ мм}}{710 \text{ хв}^{-1} \cdot 0,8 \text{ мм/об}} = 0,03 \text{ хв} \quad (4.67)$$

При розвірчуванні:

$$L = l + D = 10 \text{ мм} + 7 \text{ мм} = 17 \text{ мм} \quad (4.68)$$

$l = 10 \text{ мм}$ – товщина заготовки

Нарізати різьбу М8х1

Глибина різання, при нарізанні різьби, відповідає висоті профілю різьби

$$t = 0,5 \cdot P \cdot \tan(60^\circ) = 0,5 \cdot 1 \cdot \tan(60^\circ) = 0,866 \text{ мм} \quad (4.69)$$

Подача: $S = P = 1 \text{ мм}$ – При нарізанні різьби, подача рівна кроку

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{64,8 \cdot 8^{1,2} \cdot 1,162}{90^{0,9} \cdot 1^{0,5}} = 15,909 \text{ м/хв} \quad (4.70)$$

$$C_v = 64,8; q = 1,2; y = 0,5; m = 0,9;$$

T – період стійкості свердла, $T = 90 \text{ хв}$;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{350}{750} \right)^{0,75} = 0,565 \quad (4.71)$$

$K_p = K_{mp} = 0,565$ – поправочний коефіцієнт,

що враховує матеріал

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,909 \text{ м/хв}}{3,14 \cdot 8 \text{ мм}} = 632,985 \text{ хв}^{-1} \quad (4.72)$$

Обираємо згідно з паспортом верстата $n = 710 \text{ хв}^{-1}$

Крутний момент:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,027 \cdot 8^{1,4} \cdot 1^{1,5} \cdot 0,565 \\ &= 2,802 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (4.73)$$

$C_M = 0,027; t = 0,866; y = 1,5; q = 1,4;$

Потужність:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,802 \text{ Н} \times \text{м} \cdot 710 \text{ хв}^{-1}}{9750} = 0,182 \text{ кВт} \quad (4.74)$$

Основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{18 \text{ мм}}{710 \text{ хв}^{-1} \cdot 0,8 \text{ мм/об}} = 0,025 \text{ хв} \quad (4.75)$$

При нарізанні різьби:

$$L = l + D = 10 \text{ мм} + 8 \text{ мм} = 18 \text{ мм} \quad (4.76)$$

$l = 10 \text{ мм}$ – товщина заготовки

5 ПРИСТОСУВАННЯ

5.1 Опис роботи пристосування

Отвори для кріплення діафрагм обробляють по 7 квалітету з шорсткістю поверхні $Ra\ 1,6\ \mu m$. Це потребує обробки в три переходи – свердління, розгортання та нарізання різьби. Отвори оброблюють по накладному кондуктору з постійними кондукторними втулками та зі зміною інструмента в швидкозмінному патроні.

Барабан збирається з діафрагмою, на гвинтах по посадці H7/m6, важливо добитись співпадіння отворів в спряжених деталях. [27]

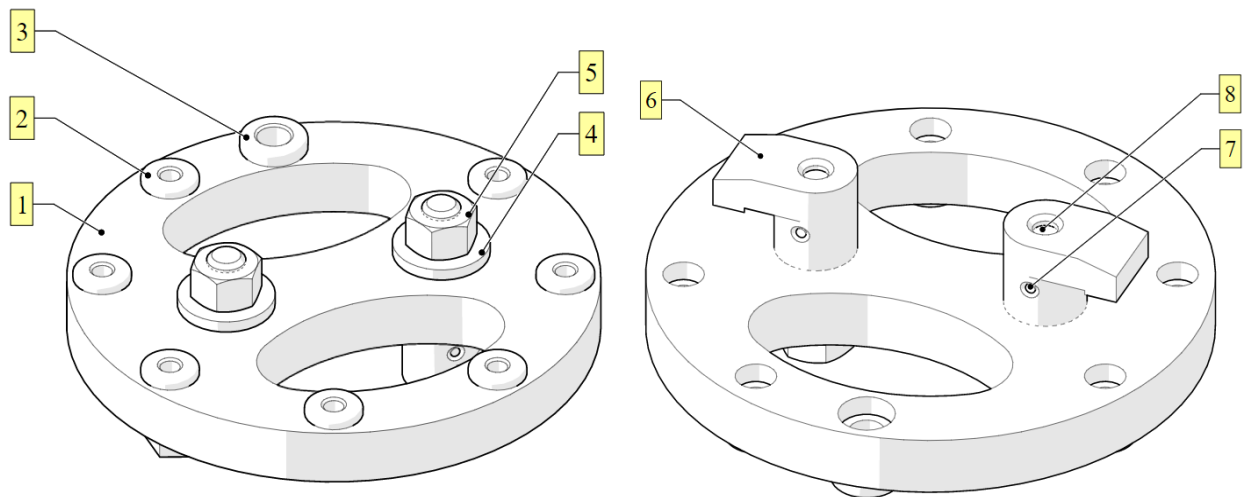


Рисунок 5.1 – Пристосування

На рисунку зображено пристосування - накладний кондуктор для барабана. Кондуктор встановлюється за допомогою еліптичних вирізів, що утворюють невеликий перешийок по центру корпусу 1. Базування відбувається по зовнішньому діаметру корпусу 1, закріплення – за допомогою двох Г-подібних прихватів 6, що притискають кондуктор до діафрагми зі зворотньої сторони.

На кондуктор встановлюється сім кондукторних втулок 2, з внутрішнім діаметром 4,2 мм, та одна кондукторна втулка 3, з внутрішнім діаметром 7. Для запобігання зміщення кондуктора по кроку, застосовують фіксатор, що вставляють в перший просвердлений отвір.

Г-подібний прихват 6 закріплюється в корпусі за допомогою вала 8, що з одного кінця, яким входить в прихват, має різьбу М6 та штифт 7, а з іншого кінця різьбу М8. На зворотній кінець нагвинчується гайка 5, що притискає попередньо встановлену шайбу 4 до корпусу. В корпусі прихвата, також, встановлена пружина.

При загвинчуванні гайки, Г-подібний прихват притискає діафрагму до корпусу кондуктора, так відбувається встановлення.

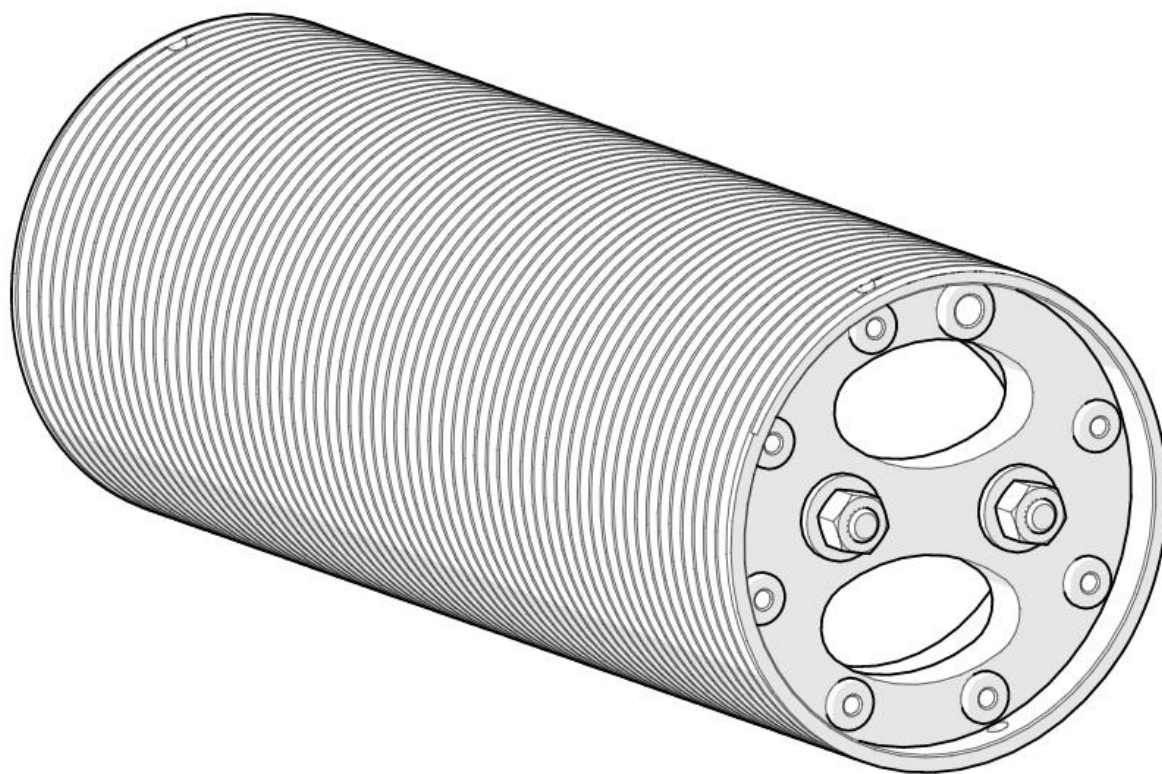


Рисунок 5.2 – Пристосування на барабані

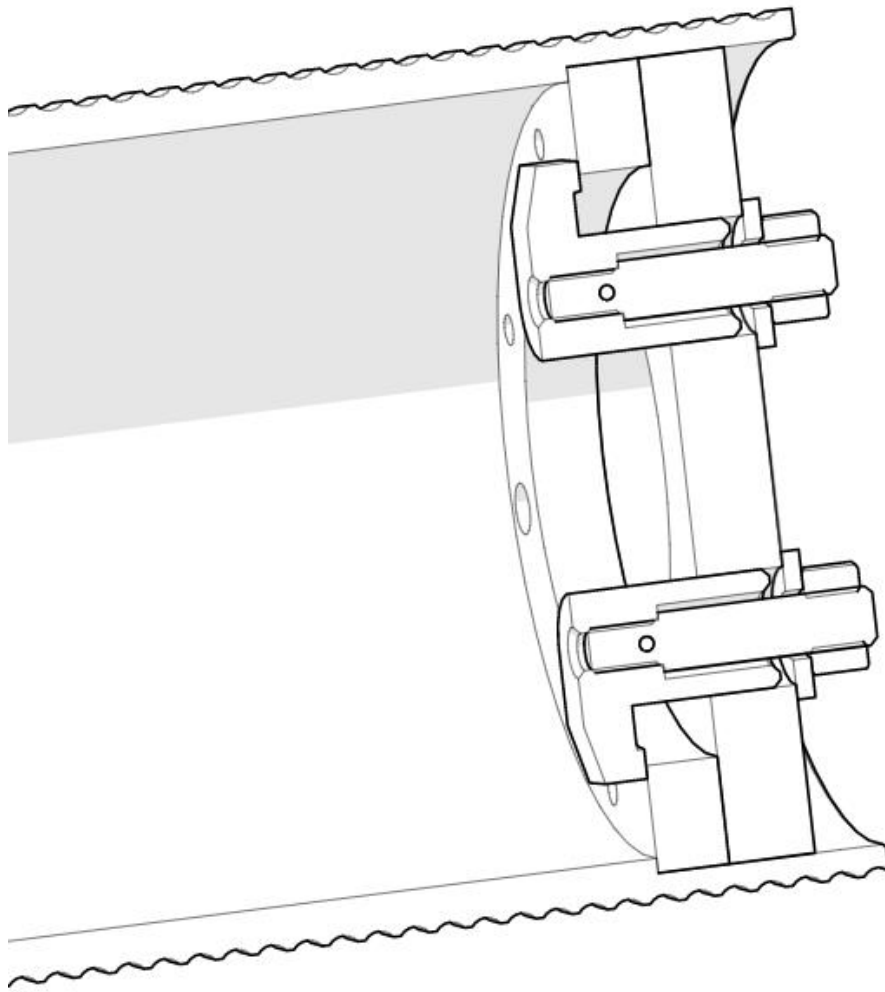


Рисунок 5.3 – Встановлене пристосування, у розрізі.

Стандартизовані деталі, що використовуються у збірці кондуктора:

- Шайба DIN 6902 A9.3
- Гайка M8 ISO 4034
- Пружина зтискання ГОСТ 18793-80 (1086-0774)
- Втулка кондукторна постійна з буртиком ГОСТ 18430-73 (7051-1157 та 7051-1179), (Рисунок 5.4)
- Прихват Г-подібний (Виконання-2) ГОСТ 14733-69 (7011-0721), (Рисунок 5.5)

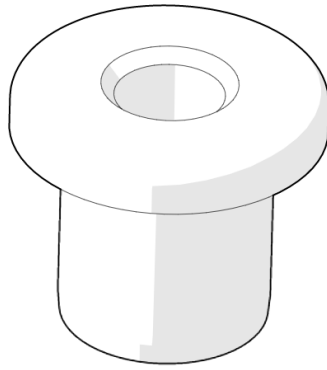


Рисунок 5.4 – Втулка кондукторна, постійна

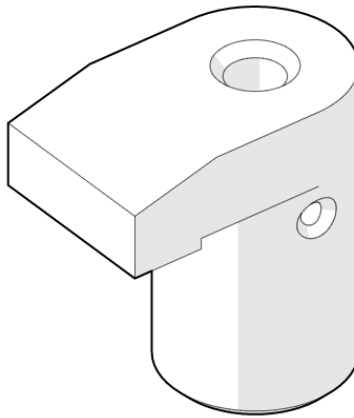


Рисунок 5.5 – Прихват Г-подібний

5.2 Розрахунок пристосування

Рівняння рівноваги сил на вісь прихвата:

$$Q = W + F_{\text{тертя}} + q_{\text{пруж}} \quad (5.1)$$

$$F_{\text{тертя}} = 2N \cdot f \quad (5.2)$$

Рівняння моментів сил, що діють на прихват відносно точки О:

$$W \cdot l = 2N \frac{1}{3} H \quad (5.3)$$

Отже:

$$N = \frac{3W \cdot l}{2H} \quad (5.4)$$

$$F_{\text{тертя}} = \frac{3W \cdot l \cdot f}{H} \quad (5.5)$$

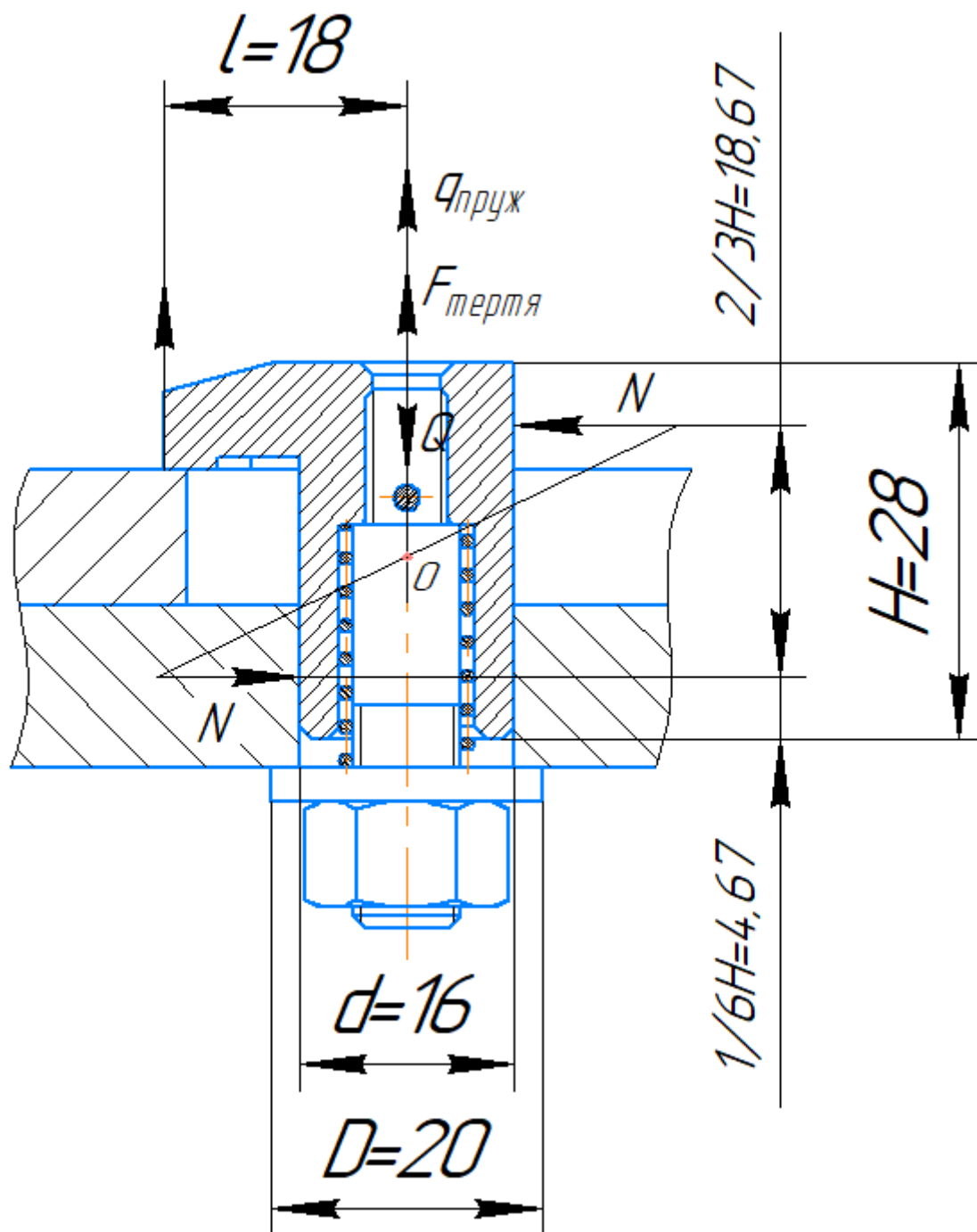


Рисунок 5.6 - Схема до розрахунку пристосування

Після підстановки всіх значень, формула для визначення необхідного зусилля, що утворюється гайкою [31]:

$$Q = W + \frac{3W \cdot l \cdot f}{H} + q_{\text{пруж}} \quad (5.6)$$

$$Q = W \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l \cdot f}{H}\right) + q_{\text{пруж}} \quad (5.7)$$

$l = 18$ мм – величина плеча прихвата

$H = 28$ – величина прихвата

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя для сталі по сталі

$q_{\text{пруж}} = 10,73$ кгс ≈ 105 Н – зусилля, що створюється пружиною

Сила затиску [32]:

$$W > \frac{M_{\text{кр}} \cdot 2}{f \cdot \left(\frac{D_{\text{закр}} + D_{\text{м}}}{2}\right)} \quad (5.8)$$

$D_{\text{закр}} = 83,5$ мм – діаметр на якому відбувається затиск

$D_{\text{м}} = 94,5$ мм – діаметр на якому утворюється момент від сверління

Крутний момент береться з розрахунку режимів різання [30]:

$$\begin{aligned} M_{\text{кр}} &= 10C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 7^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,565 \\ &= 2,636 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (5.9)$$

$C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$. [30]

Коефіцієнт матеріалу обробки:

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{350}{750}\right)^{0,75} = 0,565 \quad (5.10)$$

$\sigma_B = 350$ МПа – межа міцності для Ст2

$s = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ – подача при свердлінні Ст2

$D = 7$ мм – діаметр отвору

Отже сила затиску деталі має бути більшою ніж:

$$W > \frac{M_{\text{кр}} \cdot 2}{f \cdot \left(\frac{D_{\text{закр}} + D_{\text{м}}}{2} \right)} = \frac{2,636 \text{ Н} \times \text{м} \cdot 2}{0,15 \cdot \left(\frac{83,5 \text{ мм} + 94,5 \text{ мм}}{2} \right)} = 394,906 \text{ Н} \quad (5.11)$$

Приймає силу затиску: $W = 400 \text{ Н}$

Тоді сила затиску гайки Г-подібного прихвату:

$$\begin{aligned} Q &= W \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l \cdot f}{H} \right) + q_{\text{пруж}} \\ &= W \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 18 \text{ мм} \cdot 0,15}{28 \text{ мм}} \right) + 105 \text{ Н} = 620,714 \text{ Н} \end{aligned} \quad (5.12)$$

6 АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

6.1 Матеріали

Матеріалом для друку полімерних деталей лебідки являються: CoPET (PETG) та Elastan D160.

Elastan – гнучкий пластик для 3D-друку. Даний матеріал призначений для друку довговічних деталей. Еластан доступний з різною твердістю, від твердого, що можна порівняти з твердою резиною, до дуже м'якого як силікон. Твердість по Шору 80D

Elastan D70 – твердий матеріал, рекомендується при друці ударостійких та зносостійких виробів, таких як: корпуси, ролики, шківни, шестерні. Твердість по Шору – 60D

Elastan D100 – середньої твердості, найбільш популярний при друці антивібраційних виробів та елементів взуття.

Elastan D160 – м'який матеріал для 3D друку таких виробів, як сальники, прокладки, муфти, м'які ролики, ущільнення. Твердість по Шору 80A

В даному проекті використовується Elastan D160 для накладок на панель управління, та в місцях з можливою вібрацією. [33]

Поліетилентерефталат (CoPET, PETG) – пластик, що отримується шляхом введення в склад базового полімера (PET) 1,4-біс гідроксиметила циклогексана (CHDM). PETG це аморфний матеріал з гладкою глянцевою поверхністю, що вирізняється високою прозорістю та рівномірним світлорозсіюванням, вогнестійкістю, підвищеною ударостійкістю, хімічною стійкістю. Використання PETG в FDM 3D-друці обумовлено простотою та зручністю роботи з ним. PETG прозорий пластик, який можливо деформувати в холодному стані без утворення тріщин та побіління в місці згину.

PETG при нахожденні під ультрафіолетом, він втрачає прозорість, жовтіє та втрачає міцність. [34]

Для друку PETG пластиком необхідний стіл з підігрівом від 50°C до 70°C.

Робоча температура друку - 231°C.

Для якісного друку необхідно обов'язково дотримуватись температурного режиму. Допустиме відхилення в температурі $\pm 1^\circ\text{C}$. Вже при відхиленні в 2°C можливі розшарування при друці, неоднорідність, дефекти у вигляді щілин, при відхиленні в 3°C можливі налипання на сопло принтера, утворення серйозних дефектів, неможливий друк деяких деталей, особливо підтримок та нависаючих компонентів деталі.

6.2 Хімічна обробка

Іноді для доведення (полірування, обробки парами або склеювання) виробів з ABS використовується ацетон. Подібний результат дає обробка метилетилкетонем та дихлоретаном. Проте, для таких операцій, себе краще зарекомендували тетрагідрофуран та дихлорметан. Різниця між двома останніми сполуками одна – тетрагідрофуран являється прекурсором і заборонений у вільному продажу. Ці розчинники універсальні для всіх видів пластика: ABS, PLA, HIPS, SBS. Для згладжування та плавлення HIPS та SBS використовується найбезпечніший розчинник D-Limonene [35].

Дихлорметан отримав таке поширення через меншу токсичність порівняно з метилетилкетонем та дихлоретаном, що являються, в свою чергу, сильними отрутами.

Хімічна обробка деталей з даних видів пластику необхідна для усунення розшарування, різних артефактів процесу друку (точки з'єднання з кріпленням). Також хімічна обробка за допомогою розчинника зміцнює саму конструкцію та покращує гнучкість [35].

Обробка корпусних деталей в даному проєкті проводиться за допомогою дихлорметану, він найменш токсичний для обробки PETG та PLA.

Деталь необхідно помістити у ванну з дихлорметаном та витримати 10-12 секунд.

При витримці більше 13-15 секунд деталь із PETG стає м'якою, надто гнучкою, зі схожими характеристиками як у резини чи Elastan D160.

Якщо деталь необхідно просто згладити або усунути артефакти з поверхні, слід витримувати не більше 5-6 секунд.

6.3 Деталь

Одною з найважливіших пластикових деталей, в даному проекті, являється корпус двигуна, в який монтується сам двигун, а також на лицьовій панелі деталі – храповик.

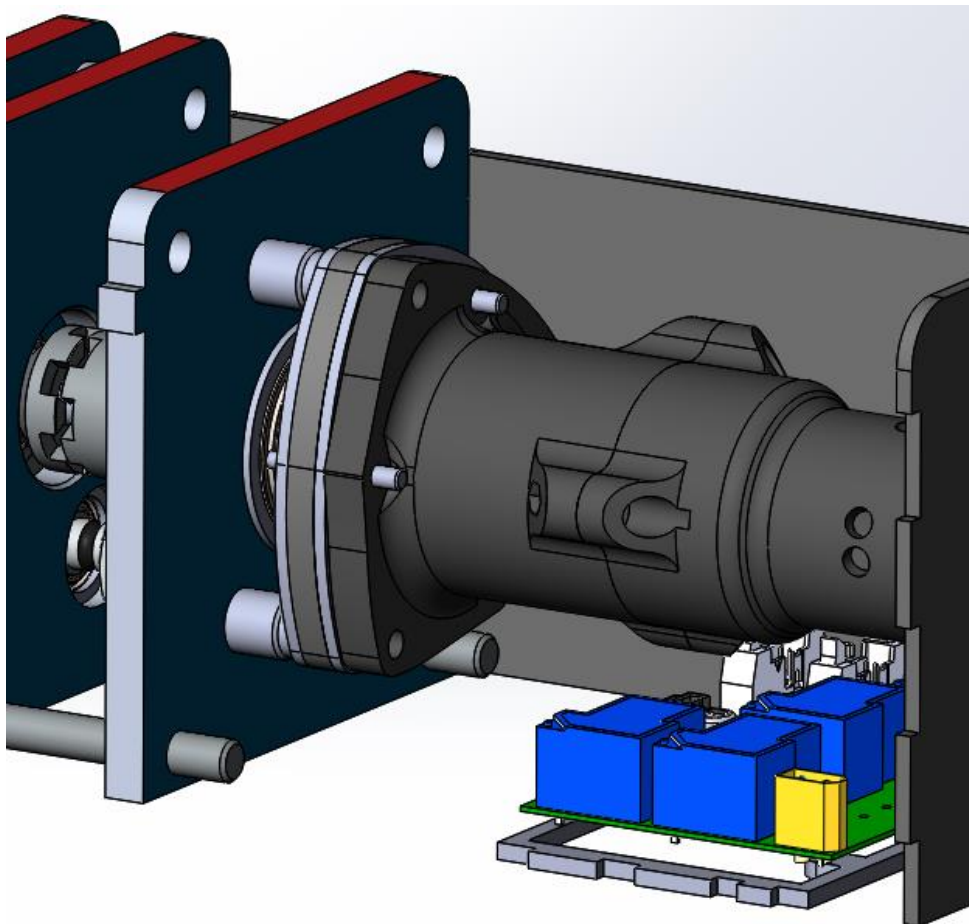


Рисунок 6.1 – Модель кожуху двигуна, в контексті збірки лебідки

Деталь має безліч складних переходів, що обумовлює жорсткий контроль над температурним режимом, чистотою скляного столу та обов'язкову хімічну обробку після.



Рисунок 6.2 – Нижня частина кожуху після друку

Друк відбувався на модернізованому Tevo Tornado (ролики замінені на лінійні підшипники)

Пластик: PETG

Температура екструдера: 231°C;

Температура столу: 50°C



Рисунок 6.3 – Дефекти після друку

Навіть при ідеальних температурних умовах, на деталі можливі утворення таких дефектів, що зображені на рис. Проте вони являються незначними та усуваються при 10 сек витримці у дихлорметані.

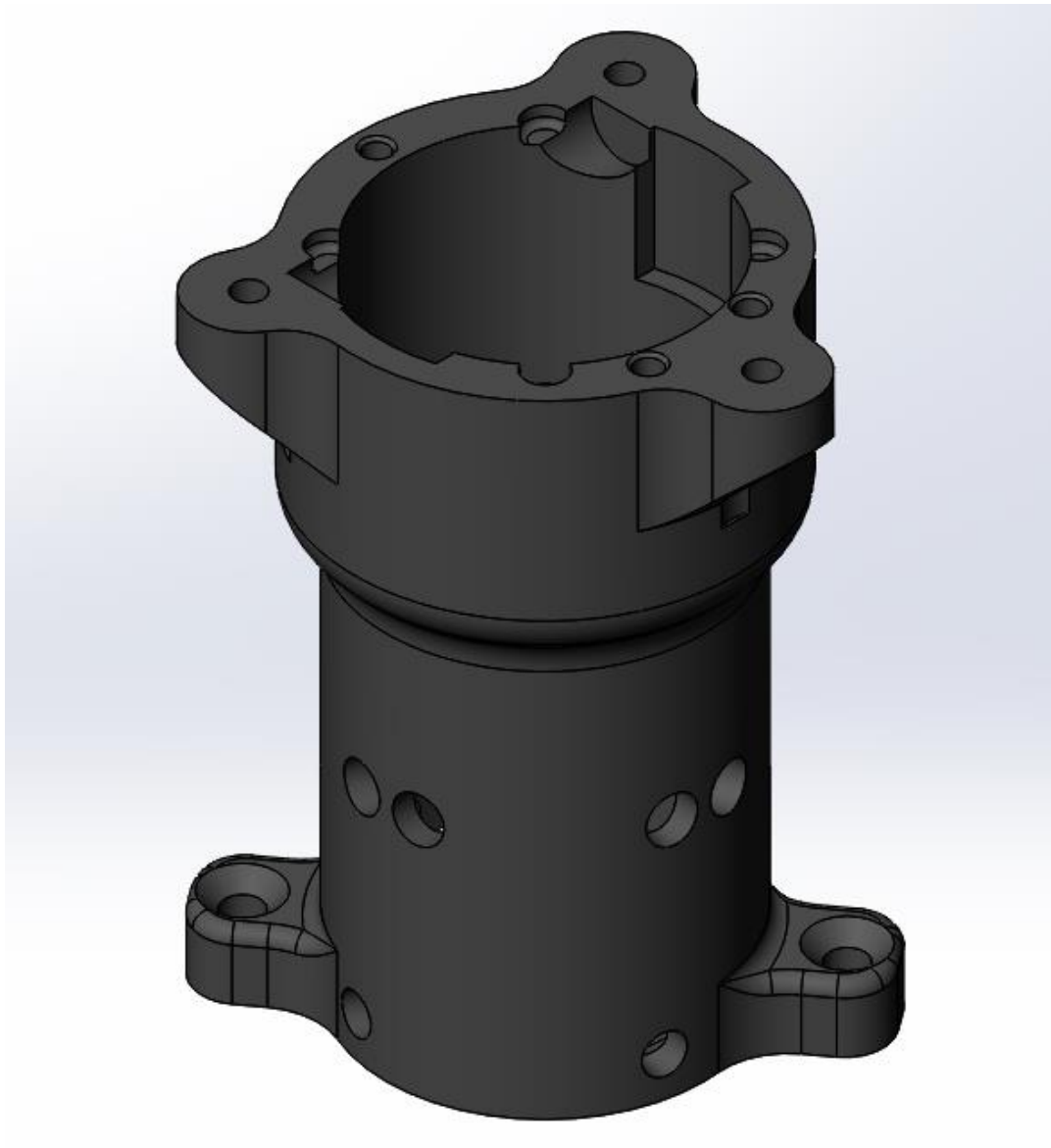


Рисунок 6.4 – Модель деталі.

6.4 Слайсинг моделі

Слайсинг – процес конвертації 3D-моделі в керуючий код для 3D-принтера.

Модель слайситься по шарово, кожен шар складається з периметра та заповнення. Модель може мати різний відсоток заповнення заливкою, також це може бути пустотіла модель без заповнення. На кожному шарі відбувається переміщення по осях ХУ з нанесенням розплаву пластика. Після друку одного шару

відбувається переміщення по осі Z на шар вище, друкується наступний шар і так далі.

При перетині граней та ребер деталі, можуть виникати артефакти слайсингу. Тому якщо модель складається із декількох об'єктів, то їх необхідно звести в один.

Також для надійної підтримки деталі при друці необхідна плоска основа деталі, інакше може відбутися деламінація (модель відклеїться від столу), порушиться геометрія основи моделі, це може призвести до зміщення координат ХУ.

Товщина стінок має бути рівною, або товщою діаметра сопла, інакше принтер не зможе такі стінки надрукувати. Товщина стінки залежить від числа периметрів, що друкуються. Тобто, товщина стінки має бути кратна діаметру сопла.

При проектуванні деталі необхідно враховувати, що принтер не може коректно друкувати нависаючі елементи з кутом нависання більше 60°. Тому необхідно встановлювати підтримуючі конструкції – підтримки. Прості підтримки, слайсер генерує автоматично, складніші (наприклад квадратні отвори в стінках деталі) необхідно або моделювати вручну, або використовувати спеціальні програми для утворення підтримок, наприклад – Autodesk Meshmixer.

Перед слайсингом необхідно враховувати, що через люфти в конструкції механіки 3D-принтера, температурний режим, неоднорідність обдуву, та усадку пластика, утворюється певна погрішність в розмірах $\pm 0,1-0,2$ мм, в ідеальних умовах можна добитись погрішності в $\pm 0,05$ мм. Тому наприклад діаметр отворів краще збільшити в моделі на $0,1-0,2$ мм.

Слайсер працює з форматом файлу STL, тому 3D-модель необхідно зберегти саме в цьому форматі. [36]

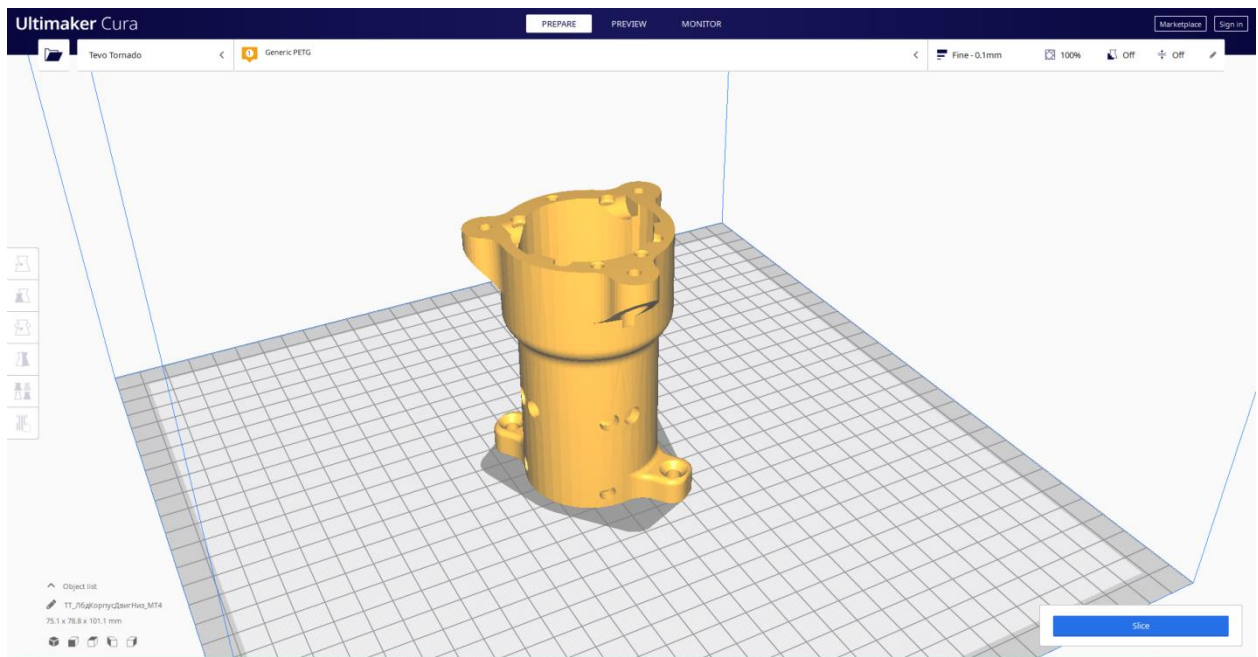


Рисунок 6.5 – Деталь у вікні слайсингу “Ultimaker Cura”

Параметри до слайсингу:

Матеріал друку: PETG (Оранжевий)

Принтер: Tevo Tornado

Розміри робочої області: 300x300x400 мм

Заповнення: 100%

Висота шару: 0,1 мм

Сопло: 0,4 мм

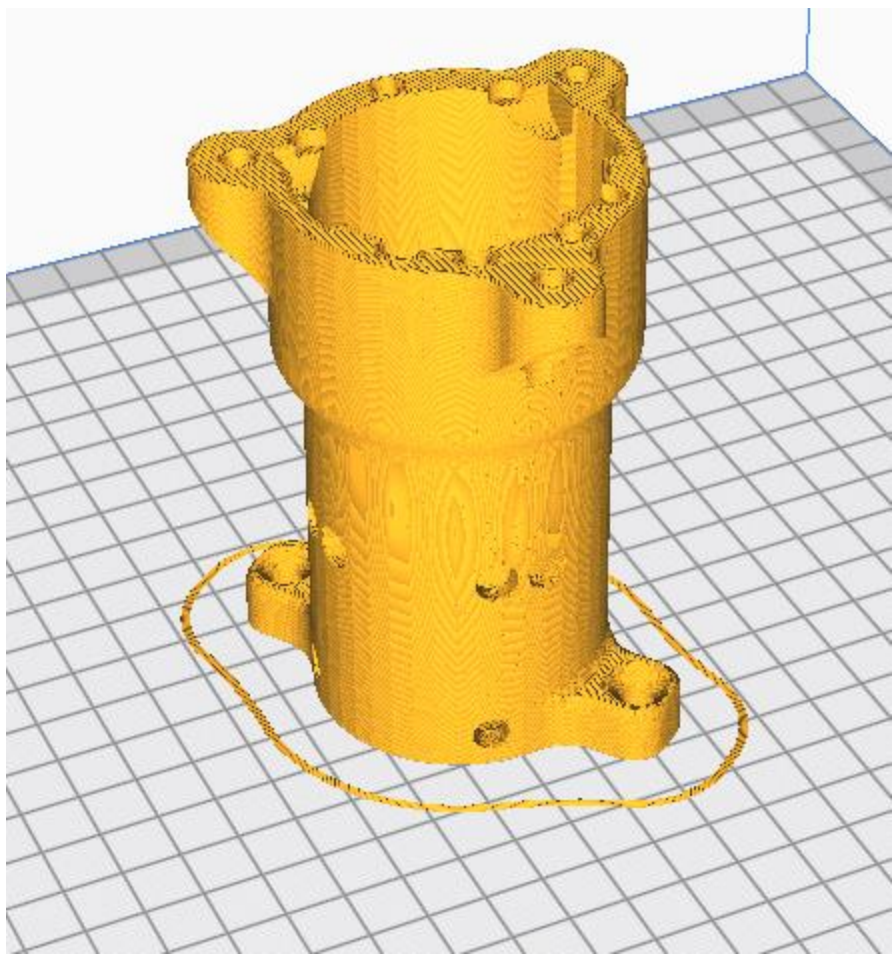


Рисунок 6.6 – Слайсинг моделі

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ

Внешняя стенка:	03:11	13%
Внутренние стенк	01:48	7%
и:		
Откаты:	00:18	1%
Перемещение:	04:27	18%
Покрытие:	15:10	61%
Юбка:	00:00	0%

ОЦЕНКА МАТЕРИАЛА

PETG 33.74 м 112 г € 0.00

1 день 0 часа 57 минут

112g · 33.74m

Сохранить в файл

Рисунок 6.7 – Автоматично розраховані результати друку

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Телескопическая мачта Р409 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-409/>.
2. Телескопическая мачта Р140 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-140/>.
3. Министерство обороны СССР: Руководство по устройству и эксплуатации радиостанций Р-140 и Р140Д. – Москва: Военное издательство МО СССР, 1967.
4. Лебёдка [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лебёдка>.
5. 3D-моделі лебідок [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://grabcad.com/library>.
6. Типи Лебідок [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://lebedka.ua/statji/tipy-lebedok>.
7. Приводные лебедки [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.baurum.ru/_library/?cat=stroymachines&id=1300.
8. Иванченко Ф. К. и др. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих Машин. – Киев: Вища Школа, 1978.
9. Тормозные устройства и механизмы подъема грузоподъемных машин [Электронный ресурс] // Новосибирская государственная академия водного транспорта – Режим доступа до ресурсу: <https://works.doklad.ru/view/9hzYpcSwJyw/all.html>.
10. Сталь конструкційна ВСт2кп [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/VSt2kp.
11. Сталь марки 40Х [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X.

12. AISI 304/ SS 304 сталь [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://emk24.ru/wiki/astm_steels/stal_aisi_304_4370992/.
13. Сталь марки AISI 304 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/AISI304.
14. Алюминий Д16 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/alu/D16.
15. Расчет крепления каната планкой [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kran-info.ru/b/book/8/page/6-5-tehnicheskoe-osvidetelstvovanie/14-6-1-metodika-provernochnogo-rascheta-krepleniya-kanata-k-barabanu-nakladnoy-plankoy>.
16. Параметры резьбы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.прочность.рф/pin/screwthread.php>.
17. Стадник В. А. Розрахунок валів і вибір підшипників кочення по динамічній вантажопідйомності / Стадник В. А. – Київ: Київський Політехнічний Інститут, 1997. – (Методичні вказівки).
18. Стадник В. А. Розрахунок та конструювання валів / В. А. Стадник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2014. – (Методичні вказівки).
19. Допускаемые напряжения и механические свойства материалов [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sprav-constr.ru/html/tom1/pages/chapter1/ckm17.html>.
20. Шлицевые соединения [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vladpm.ru/stati/shlicevye-soedineniya-2.html>.
21. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя Т1: В 3 т. – Москва: Машиностроение, 2006.
22. Теории прочности [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://monographies.ru/ru/book/section?id=7037>.
23. Выбор подшипников по динамической грузоподъемности [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://isopromat.ru/dm/lekcii-po-detalyam-mashin/vybor-podshipnikov-po-dinamicheskoy-gruzopodemnosti>.

- 24.ГОСТ 18854 "Подшипники качения" [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://docs.cntd.ru/document/1200011847>.
- 25.ВПК Подшипник [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://vpk-podshipnik.com.ua/>.
- 26.Планетарный редуктор 15:1 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aliexpress.ru/item/32819223031.html>.
- 27.Косилова А. Г. Технология производства подъемно-транспортных машин. – Москва: Машиностроение, 1982.
- 28.Солодкий В. І., Адаменко Ю.І., Вовк В.В., Вініцька Н.В. Проектування та технологічне забезпечення інструментальних систем інженерного дизайну. Ч. І. – Київ: Електронне мережеве навчальне видання, 2020.
- 29.Расчет припусков на механическую обработку [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOVN/academic/Tab3/7_raschet_priuskov_VN_rusPDF.pdf.
- 30.Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. – Москва: Книга по требованию, 2012.
- 31.Расчет элементарных зажимных устройств [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ppt-online.org/141995>.
- 32.Расчет усилия зажима приспособления [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://lektsii.org/15-80274.html>.
- 33.Материал - Эластан [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/elastan/>.
- 34.СоРЕТ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/copet/copet-naturalnyj>.
- 35.Полировка и обработка изделий из PLA, ABS, HIPS, PETG, SBS. Растворитель дихлорметан [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://3dpt.ru/blogs/support/dihormetan>.

- 36.Слайсер [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://habr.com/ru/post/196182/>.
- 37.Технологическая оснастка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KVS/study/disc2/Tab/Lecture_TO.pdf.
- 38.Расчет режимов резания [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://window.edu.ru/resource/937/76937/files/raschet_rejimov_rezaniya_posobie_2009.pdf.
- 39.Пластик для 3D-печати [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://voltiq.ru/petg-plastic-for-3d-printing/>.
40. Осипчук О. М., Майданюк С. В. Модернізація конструкції телескопічної антени – засобу розгортання зв'язку // Тези доповіді XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 19–30 травня 2020 р. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.
41. Осипчук О. М., Майданюк С. В. Конструкція телескопічної щогли як модернізований засіб розгортання зв'язку // Інновації молоді в машинобудуванні: Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні». – К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – № 2. – С. 57– 62.
42. Maidaniuk S., Osypchuk O. The design of the telescopic mast as an upgraded means of deploying communication // The 10th International scientific and practical conference “Scientific achievements of modern society” (May 27–29, 2020). Cognum Publishing House. – Liverpool, United Kingdom. 2020. – S. 135–140.

ДОДАТКИ

Затверджую:

Директор ТОВ НВФ "Криптон"

Куляниця О. Й.



20__ р.

Технічне завдання

на науково-дослідну роботу

« Лебідка для щогли телескопічної - "Смерека-2" »

Замовник:

Інженер

Свириденко В.М.

Виконавець:

В.О. Завідувача кафедри ІТМ

Охріменко О.А.

Асистент кафедри ІТМ

Майданюк С.В.

Студент

Осипчук О.М.

Київ 20__

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

«Розробка конструкції лебідки “МТ4” щогли телескопічної “Смерека-2”»

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

ТОВ НВФ “Криптон”

Виконавець:

Кафедра конструювання машин
ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського

1.3 Порядок оформлення та пред’явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи подається:

- Складальне креслення барабана
- 3D-модель барабана,
- Статичний аналіз шліцевого вала.

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Створення компактної, а також більш вантажопідйомної лебідки, з автоматичним підйомом

2.2. Вихідні дані

- Довжина грузового троса – 38м;
- Довжина тормозного троса – 21м;
- Довжина троса, що намотується на барабан – 20м;
- Діаметр намотки каната – 120мм;
- Частота обертання барабана: 25 об/хв;
- Лебідка має вписуватись в розміри: 2900х430х240 - щогла в складеному стані;

3. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- Корпусні деталі з РЕТГ, Ст2, та Д16
- Деталі збірки барабана – Ст2
- Рама лебідки – зварна

4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
Проектний розрахунок барабана	05.03.2020	Складальне креслення лебідки та барабана
Проектування компоновки барабана	11.04.2020	
Проектний розрахунок осей та шліцевого вала	15.04.2020	
Підбір двигуна, редуктора та розрахунок храповиків	25.04.2020	
Проектування компоновки	03.05.2020	
Створення 3D-моделей	14.05.2020	
Попередні розрахунки на міцність вузла барабана	20.05.2020	
Аналіз шліцевого вала	26.05.2020	
Складальне креслення барабана	05.06.2020	

5. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- Збільшений КПД, >34%
- Підйом вантажу до 150 кг

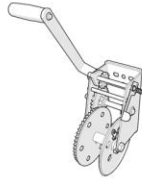
6. МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

- А1 - Складальне креслення барабана
- А1 -Статичний аналіз шліцевого валу
- А4 - Проектний розрахунок

7. ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

7.1 Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

Аналіз конструкції лебідок

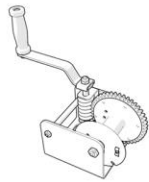


Ручна барабанна лебідка

+Простота та практичність

- Необхідно прикладати серйозне зусилля для підйому
- Мала вантажопідйомність
- Мале передатне відношення редуктора

- Ніякої автоматизації

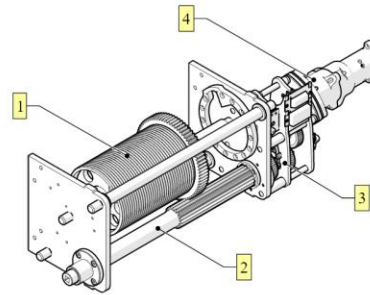


Ручна черв'ячна лебідка

+Невеликі зусилля для підйому

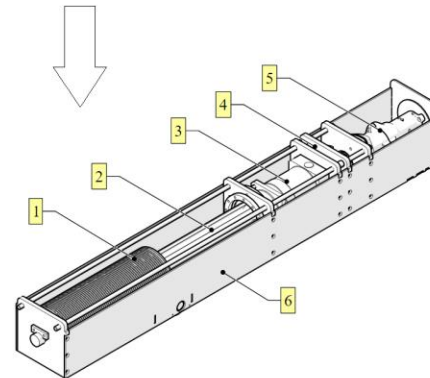
- Мале передатне відношення редуктора
- Збільшений час намотки каната
- Дорогобизна виготовлення черв'ячної пари

- Ніякої автоматизації



Лебідка МТЗ (Попередня версія)
Щогли телескопічної "Смерека"

1 - Барабан; 2 - шлицевий вал; 3 - двоступінчатий редуктор;
4 - електропривід з храповиком.



Даний дипломний проект
Лебідка МТ4

1 - Барабан; 2 - Шлицевий вал; 3 - Планетарний редуктор;
4 - Блок з редуктором, акумулятором, муфтою переключення, приводом РП; 5 - електропривід з храповиком.

+ Вантажопідйомність 150кг

+ Редукція 15:1

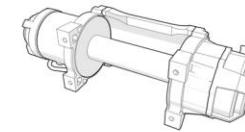
+ Співвісна схема

+ Малозатратний двигун постійного струму

+ Автоматичний та ручний режим

+ Переносний, змінний акумулятор

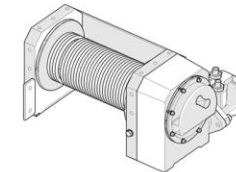
+ Невелике зусилля підйому



Електрична лебідка

+ Автоматизація підйому
+ Швидкість підйому
+ Мобільність при наявності переносного акумулятора

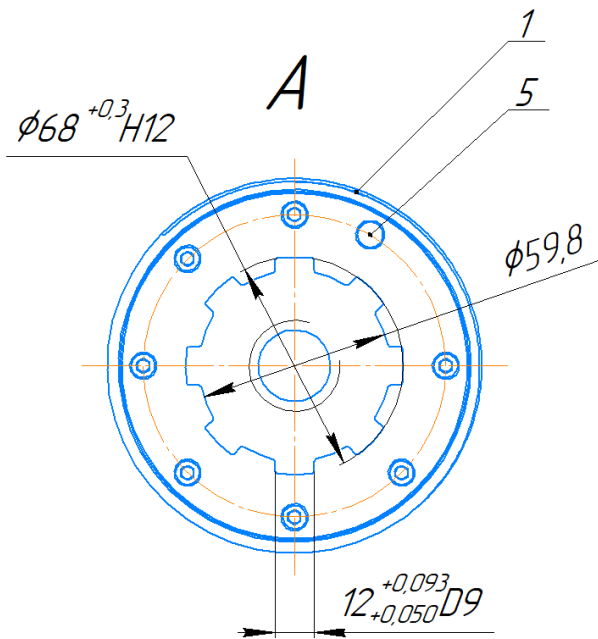
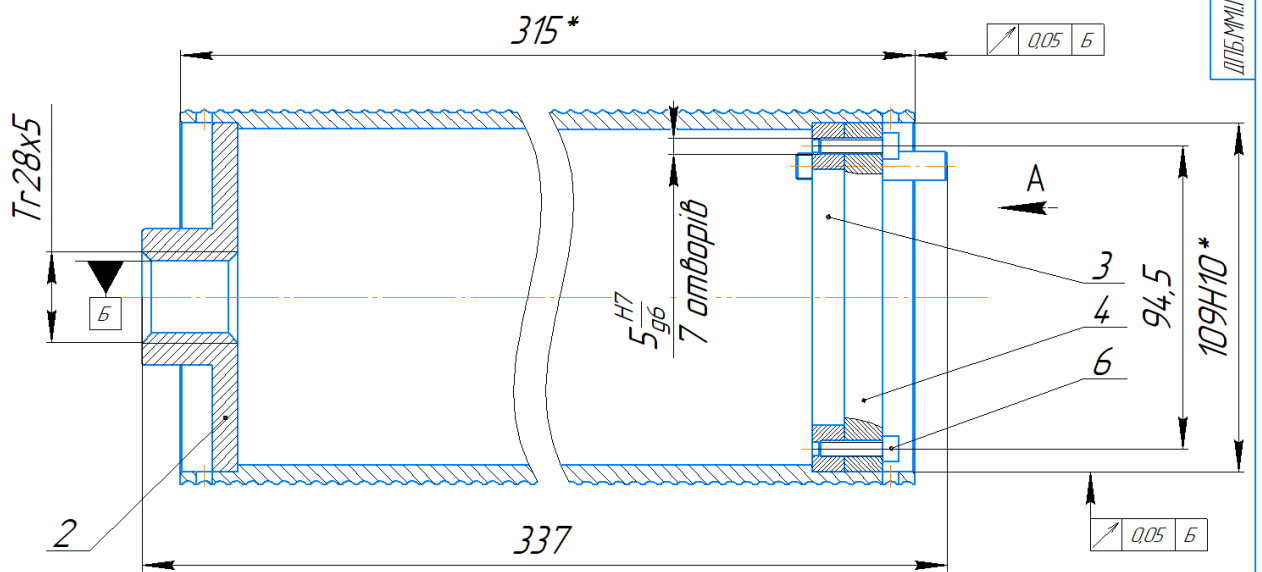
- Залежність від джерела струму
- Чутливість до зовнішніх факторів
- Не реалізовано попередниками в щоглах розгорткування зв'язку



Гідравлічна лебідка

+ Автоматизація підйому
+ Швидкість підйому
+ Вантажопідйомність

- Залежність від гідросистеми
- Низька мобільність
- Не реалізовано попередниками в щоглах розгорткування зв'язку

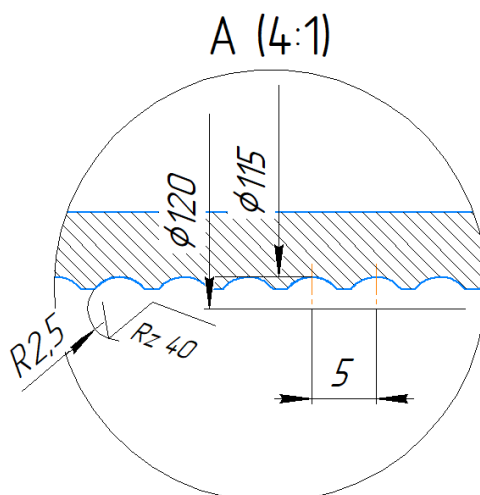
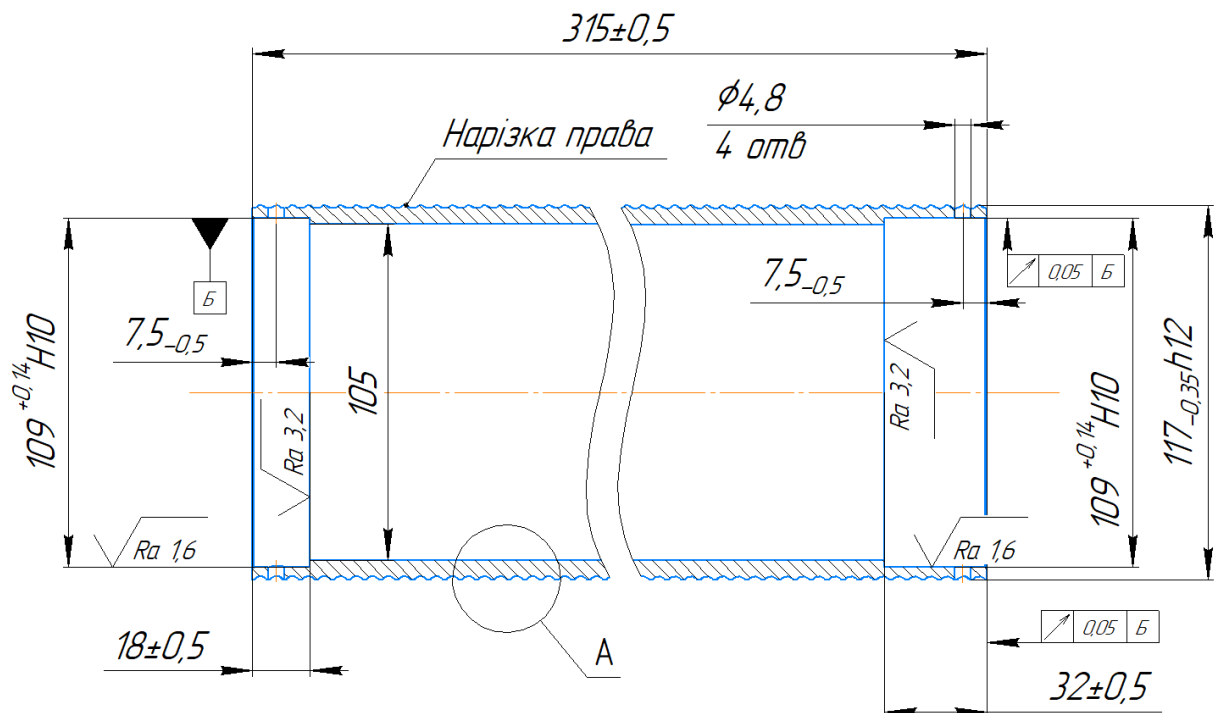


1* - Розміри для довідок

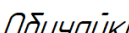
					ДПБ.ММ.МІ-711.01.000 СК			
					Барабан			
Визн	Лист	№ докум.	Повід	Дата				
Розроб	Освітчук							
Проб	Майданек							
Техніч								
					Лист	Маса	Масштаб	
							11	
					Лист	Листів	1	
Нкотир	КПІ ім. Ізгоря Сікарського							
Умб	ММІ М-п71							

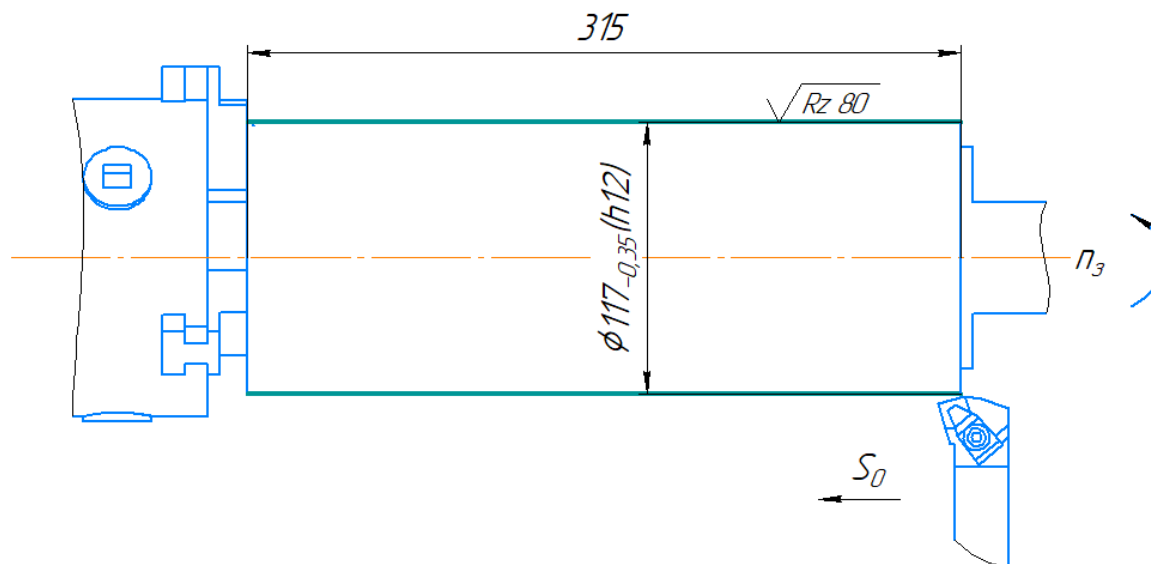
Інв. № проєкту	Листів у варті	Варті, грн.	Інв. № проєкту	Листів у варті	Варті, грн.

ДПБ.ММ.М-7111.01.000.01



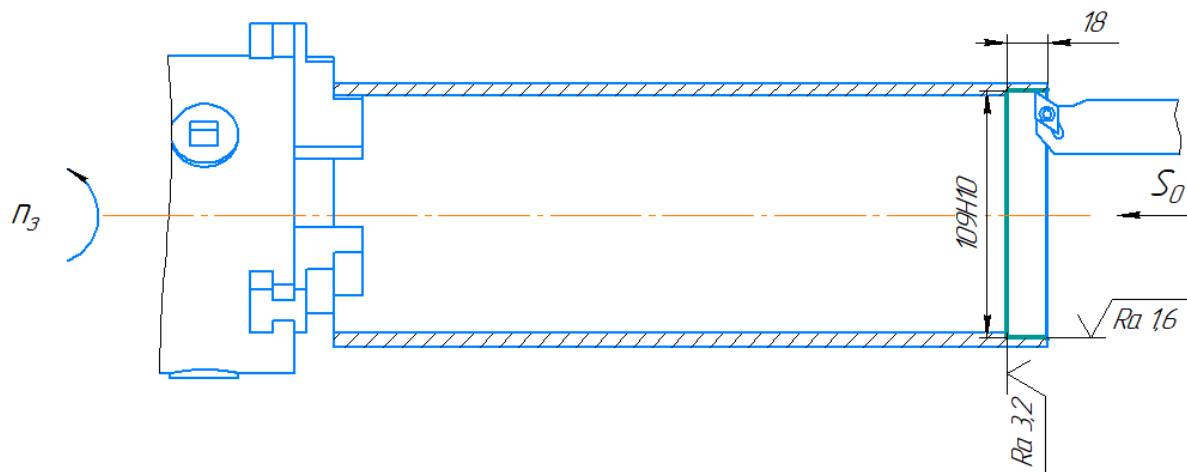
- 1 * - Розміри для довідок
2 Закруглення - по інструменту
3 Невказані фаски - $0,5 \times 45^\circ$

						ДПБ.ММ.ММ-7111.01000.01		
						Лит	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1
Разработ		Осипчук						
Проект		Майданек						
Техцентр						Лист	Листов	1
Акконтр.					Труба безшовная колодезничатая 120х8 ГОСТ 8734-75 Ст2сп ГОСТ 380-2005			КП 1м /гориз/ Искорского ММ М-171
Умб					Копировал			Формат А2



<i>Назва операції</i>	<i>Зміст операції</i>	<i>Обладнання</i>	<i>Інструмент</i>	<i>L (мм)</i>	<i>f (мм)</i>	<i>S_D (мм/об.)</i>	<i>V (м/хв)</i>	<i>n (об./хв)</i>	<i>T₀ хв</i>
<i>O10</i> <i>Токарна</i>	<i>Точити поверхню 117h12 наприсків</i>	<i>DMG MORI CTX 310</i>	<i>Різець</i>						
			<i>AKKO TSKNR 2525 M12 Пластина CNGM 1204 T15K6</i>						
<i>Изм.</i>	<i>Лист № докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>ДПБ.ММІ.МІ-7111.02.001 ТП</i> <i>Графічне зображення технологічного процесу O10</i>					
<i>Разроб.</i>	<i>Осипчук</i>								
<i>Пров.</i>	<i>Маїданюк</i>								
<i>Т.контр.</i>									
<i>Н.контр.</i>									
<i>Утв.</i>				<div style="float: right;"> <i>Лист _____</i> <i>Масса _____</i> <i>Масштаб 1:2</i> </div> <div style="clear: both;"></div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <i>КПІ ім Ізора Сікорського</i> <i>ММІ МІ-n71</i> </div>					

Инв. № подл.



Назва операції	Зміст операції	Обладнання	Інструмент	L (мм)	f (мм)	S _D (мм/об)	V (м/хв)	n (об/хв)	T _р (хв)
015 Токарна	Розточити отвір 109Н12 на глибину 18 мм	DMG MORI CTX 310	Різець AKKO S1620R SDUCR 11 Пластина DCMT 11T3 T15K6	18	2,79	11	14,8	450 (434)	0,036
	Розточити отвір 109Н10 на глибину 18 мм				1,15	0,33	258,8	800 (756)	0,068
			ДПБ.ММІ.МІ-7111.02.002 ТП						
			Графічне зображення технологічного процесу 015			Лист	Маса	Масштаб	
Ізм./Лист	№ докум.	Підп.				Дата			1:1
Розроб.	Описчик								
Проб.	Майданек								
Т.контр.									
Н.контр.						Лист	Листів	1	
Утв.						КПІ ім Ізгоря Сікорського ММІ М-п71			

Копировал

Формат А3

ДПБ.ММ.МІ-711.02.003 ТП

Перв. примен.

Справ. №

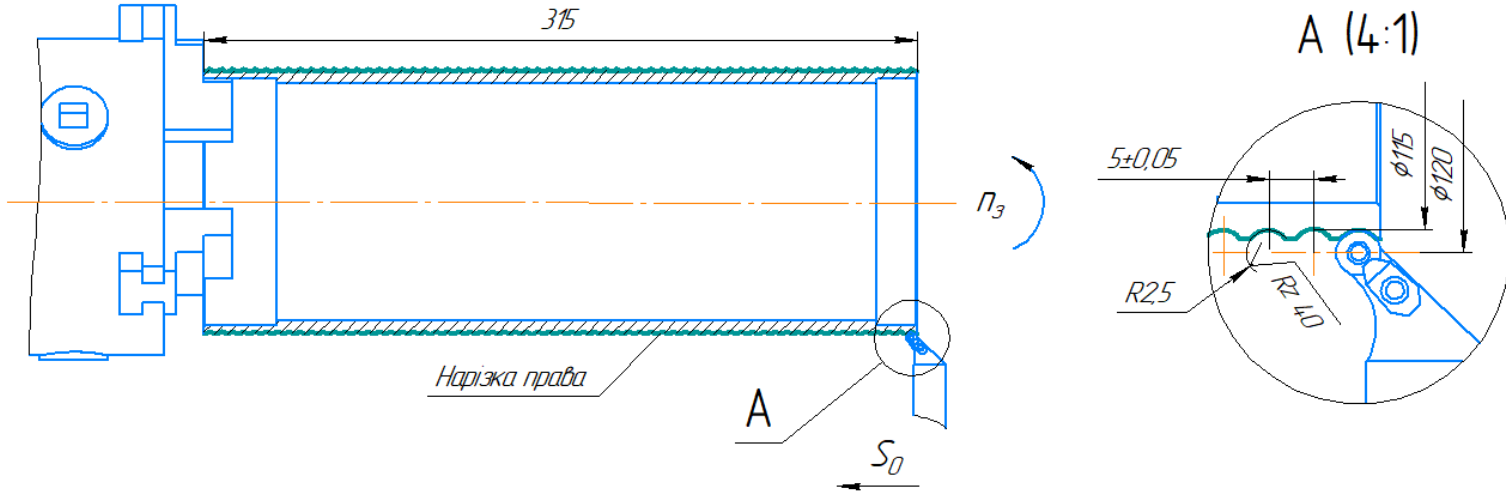
Підп. і дата

Інв. № змін

Взам. інв. №

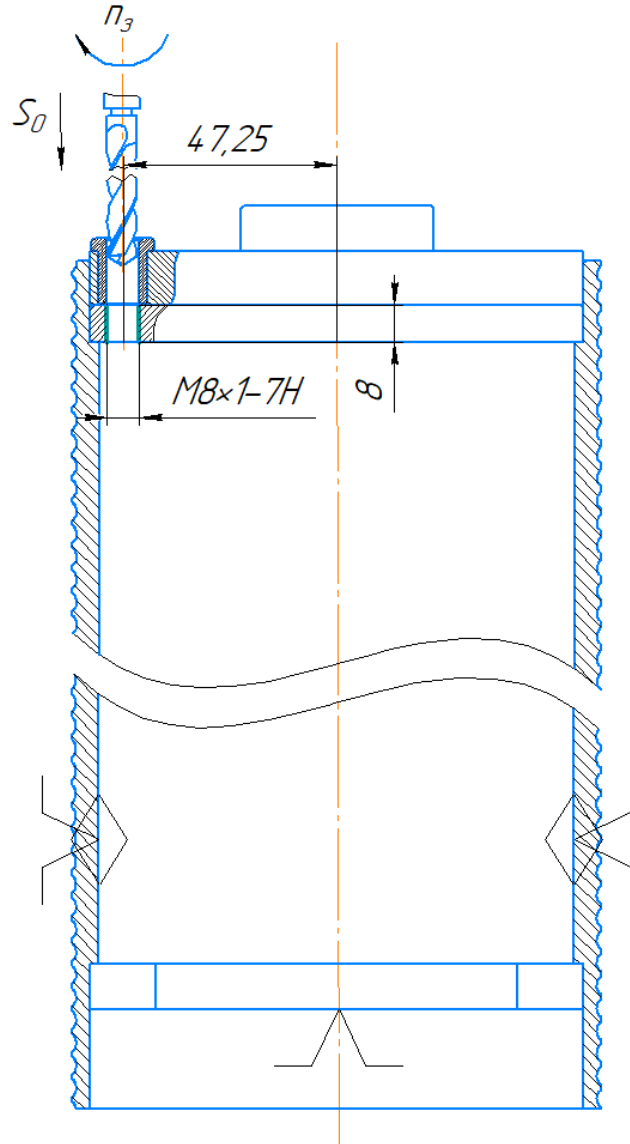
Підп. і дата

Інв. № подл.



Назва операції	Зміст операції	Обладнання	Інструмент	L (мм)	t (мм)	S_0 (мм/об)	V (м/хв)	n (об/хв)	T_0 (хв)
025 Токарна	Точити канавки R2,5 з кроком 5 мм напрахлів	DMG MORI CTX 310	Різець AKKO SRGCR 1515 M5C Пластина RCMT 5T3 T15K6	315	1	5	102	300 (282,7)	0,21
ДПБ.ММ.МІ-711.02.003 ТП									
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Графічне зображення технологічного процесу 025		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Осипчук								1:1
Проб.	Майданюк								
Т.кантр.							Лист	Листов	1
Н.кантр.					КПІ ім Ігоря Сікорського ММІ МІ-п71				
Змб.									
Копіював					Формат А3				

ДПБ.ММІ.МІ-711.02.004 ТП



Назва операції	Зміст операції	Обладнання	Інструмент	L (мм)	t (мм)	S ₀ (мм/об)	V (м/хв)	n (об/хв)	T ₀ (хв)
040 Свердильна	Свердлити отвір φ6,8	2Н125	Свердло φ6,8 ГОСТ 10902-77	15	3,4	0,26	23,6	1000	0,058
	Розвернути отвір начорно φ7Н10		Розвіртка φ7Н10 ГОСТ 1672-80	17	0,07	0,8	11,851	500	0,042
	Розвернути отвір начисто φ7Н7		Розвіртка φ7Н7 ГОСТ 1672-80	17	0,025	0,8	14,592	710	0,03
	Нарізати різьбу М8х1		Мітчик М8х1 ГОСТ 3266-81	18	0,866	1	15,909	710	0,025
			ДПБ.ММІ.МІ-711.02.004 ТП						
			Графічне зображення технологічного процесу 040						
Изм./лист	№ док.ум.	Подп.	Дата	Лит.			Маса	Масштаб	
Разраб.	Осипчук							1:1	
Проб.	Майданюк								
Т.кантр.				Лист			Листів		1
Н.кантр.							КПІ ім Ігоря Сікорського		
Утв.							ММІ МІ-п71		

Копірадал

Формат А3

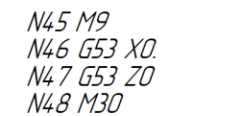
[illegible]

[illegible]

[illegible]

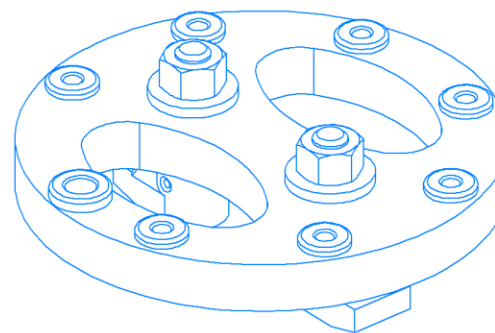
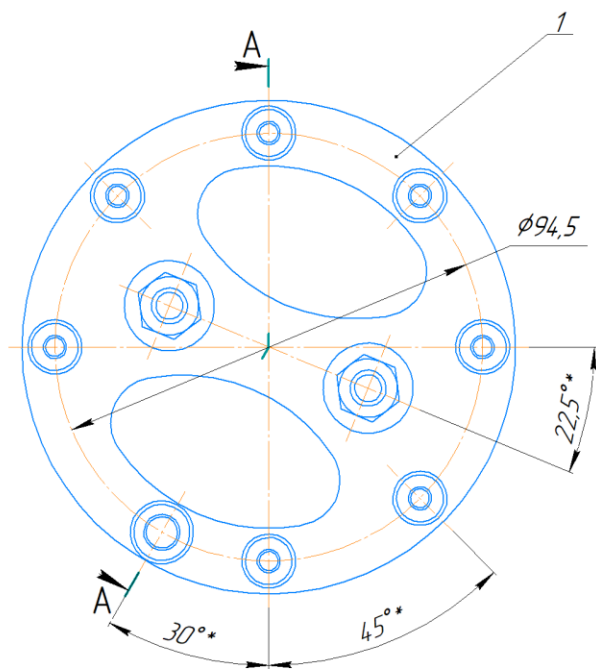
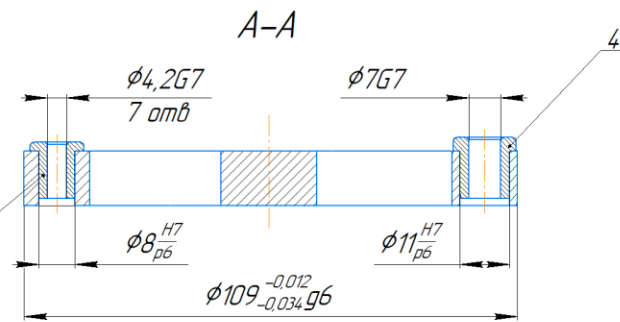
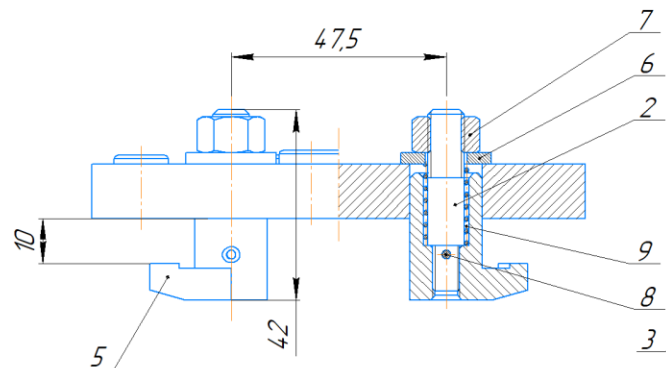
[illegible]

[illegible]



Назва операції	Зміст операції	Обладнання	Інструмент	L (мм)	t (мм)	S_0 (мм/об)	V (м/хв)	$\frac{n}{(об/хв)}$	T_0 (хв)
015 Токарна	Розточити отвір 109H12 на глибину 18 мм	DWG MORI CTX 310	Різець AKKO S1620P SDUCR 11 Пластина DCMT 11T3 T15K6	18	2,79	1,1	148	450 (434)	0,036

						ДПБ.ММ.МЛ-71103.000					
						Разрадувачко-технологична карта токарної операції з ЧК					
Аванс	Лист	№ докум.	Дата	Вибір	Зам.	Маса	Насиченість				
Розробка	Лист	Описує	Лист	Вибір	Зам.			21			
Гарант	Лист	Накази	Лист	Вибір	Зам.						
Хронологія	Лист		Лист	Вибір	Зам.			КТ в базі Скоринського ММ М-н71			
Зміст	Лист		Лист	Вибір	Зам.			Формат А1			
						Класифікація					



1* - Розміри для довідок
2 Сила затяжки гайки Q = 620 Н
3 В перший просвердлений отвір
необхідно вставити прецизійну
втулку для запобігання зміщення
кондуктора по осі

ДПБ.ММІМІ-711104.000 СК			
Лист	Листів	Маса	Масштаб
21	21		
Кондуктор для свердління			
Лист	Листів	Маса	Масштаб
21	21		
КПІ ім. Ігоря Сікорського			
ММІМІ-711			
Формат А1			

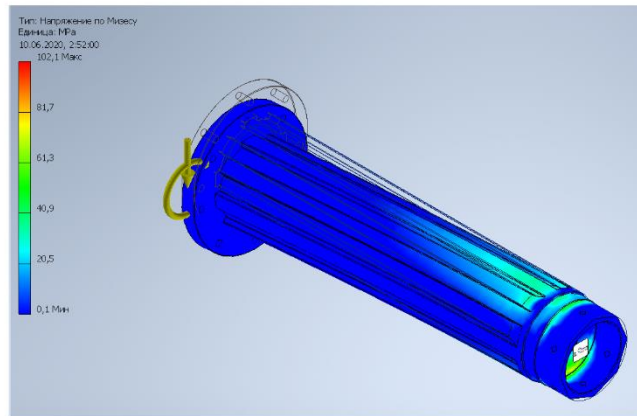
Формат Зона		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
A1			ДПБ.ММІ.МІ-7111.04.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
A4	1		ДПБ.ММІ.МІ-7111.04.000.01	Основа	1	
A4	2		ДПБ.ММІ.МІ-7111.04.000.02	Вісь		
				Стандартні вироби		
	3			Втулка канд. $\phi 4,267$ ГОСТ 18430	7	
	4			Втулка канд. $\phi 767$ ГОСТ 18430	1	
	5			Г-подібний прихват ГОСТ 14733	2	
	6			Шайба A9,3 DIN6902	2	
	7			Гайка M8 ISO 4034	2	
	8			Штифт $\phi 2$ ГОСТ 3128	2	
	9			Пружина зтиску ГОСТ 18793	2	
			ДПБ.ММІ.МІ-7111.04.000 СК			
Изм./Лист			№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.			Осипчук			
Пров.			Майданюк			
Н.контр.						
Утв.						
Кондуктор для свердління				Лист. 1		
				Лист 1		
				Листов 1		
				КПІ ім. Ігоря Сікорського		
				ММІ МІ-n71		

Копировал

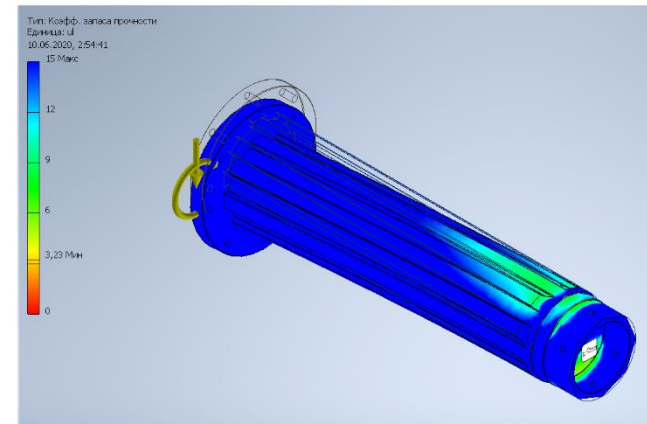
Формат A4

Аналіз шліцевого вала

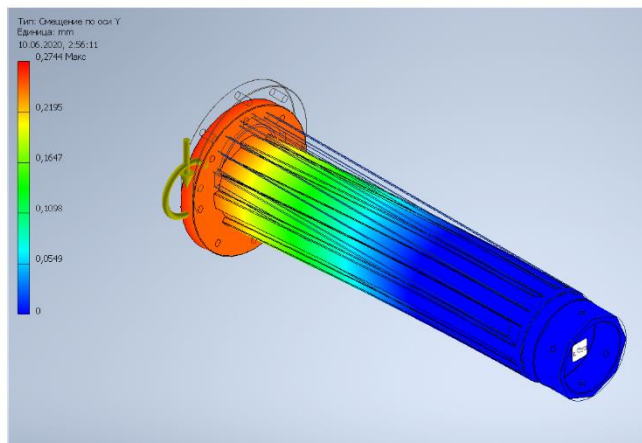
Епюра напружень
Максимальне напруження на згин, для 40х
190 МПа



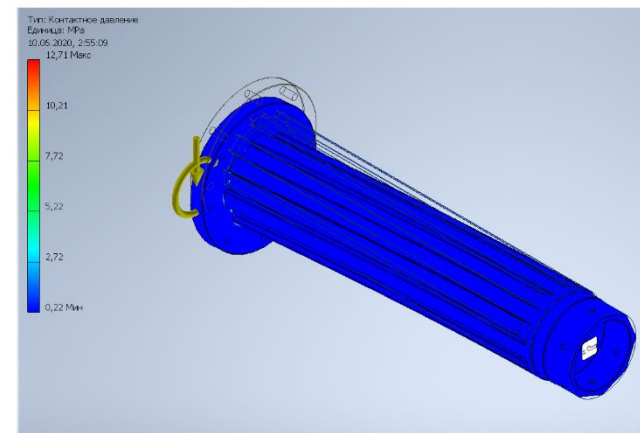
Епюра запасу міцності



Епюра зміщення по осі Y



Епюра контактної тиску
Для рухомого з'єднання: 10...20 МПа



затверджую:

Директор ТОВ НВФ "Криптон"
Куляниця О.Й.



20__ р.

Акт

приймання робіт
науково-дослідної роботи

« Лебідка для щогли телескопічної - "Смерека-2" »

В результаті виконання робіт з розробки конструкції лебідки "МТ4" щогли телескопічної "Смерека-2", виконавець надав:

- А1 - Складальне креслення барабана
- А1 - Статичний аналіз шліцевого валу
- А4 - Проектний розрахунок

Результати роботи плануються реалізувати на виробництві.

Замовник:
Інженер

Свириденко В.М.

Виконавець:

В.О. Завідувача кафедрою ІТМ

Охріменко О.А.
Асистент кафедри ІТМ

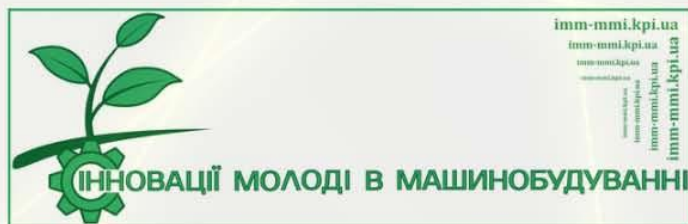
Майданюк С.В.
Студент групи МІ-п71

Осипчук О.М.

ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ В МАШИНОБУДУВАННІ 2020

XIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ

MAY 19, 2020 – MAY 30, 2020



НАУКОВІ КОНФЕРЕНЦІЇ УКРАЇНИ, ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ В МАШИНОБУДУВАННІ 2020

[ДОМАШНЯ СТОРІНКА](#) [ПРО НАС](#) [УВІЙТИ](#) [ОБЛІКОВИЙ ЗАПИС](#) [ПОШУК](#) [ПОСТОВНІ КОНФЕРЕНЦІЇ](#) [АРХІВ](#) [ЗБІРКА ПРАЦЬ](#)

[Домашня сторінка](#) > [Інновації молоді в машинобудуванні](#) > [Інновації молоді в машинобудуванні 2020](#) > [Інтегровані технології машинобудування](#) > [Опитунок](#)

Розмір шрифту:



Модернізація конструкції телескопічної щогли – засіб у модернізації зв'язку
О. М. Осипчук, С. В. Майзенок

Остання редакція: 2020-05-18

Тези доповіді

Сучасні збройні сили, зокрема: ракетні війська, в іскрово-говітряні та війська пропелівітряної оборони і розвідка, потребують мобільного та якісного зв'язку для передачі інформації між підрозділами.

Зв'язок має передаватися без будь-яких додаткових налаштувань та пошуку. Зазвичай для таких цілей збройні сили України використовують двосторонні короткохвильові радіостанції, наприклад Р14Г [2]. Для стабільного та безперервного зв'язку, таку радіостанцію, лебідку підняти на певну висоту, щоб виникли будь-які перешкоди та отримати стабільний зв'язок на певний відміток часу.

Для розгортання радіостанцій такого типу зазвичай використовують телескопічні щогли. Приміром, щогла: ХЖ2.092.С98 постачається у комплекті з радіостанцією Р140 [3], має круглий переріз труб, обумовлений простотою виготовлення та низьким опором до тиску повітря, а також вліштувачу ручну барабану лебідку [1].

У роботі розглядаються щогли: "Смерека" та "Смерека-2", сконструйовані для вирішення «доліків радянських аналогів, мають два режими підйому: ручний та автоматичний (основний). У їх конструкції передбачений захист від обмороження, від забруднення деталей механізмів, а пірамідальний тип підйому та стуссу запобігає заклинюванню при сильних поривах вітру. Рух кожної ланки незалежний, наступна ланка починає свій рух лише після того, як зафіксується попередня.

Оновлена конструкція, різні варіанти та конфігурації щогли, відкривають широкі можливості та перспективи впровадження в сучасні збройні сили різних родів військ.

Ключові слова

короткохвильова радіостанція, телескопічна щогла, лебідка, планетарний редуктор, шліцевий вал, кунг, відтяжка, чіпс щогли

Посилання

1. Министерство обороны СССР. Руководство по устройству и эксплуатации радиостанций Р-10 и Р-140Д. – Москва: Военное издательство МО СССР, 1967. 440 с.
2. <https://rt3fjindofree.com/антенны/мчты/телескопическая-мчта-p-4C9/>
3. <https://rt3fjindofree.com/антенны/мчты/телескопическая-мчта-p-140/>

Інновації молоді в машинобудуванні

**Youth Innovations in
Mechanical Engineering**

**Збірка праць Міжнародної
науково-технічної конференції
молодих вчених та студентів**

ВИПУСК №2

**Київ
2020**

УДК 621

Рецензенти:

Назаренко І.І., д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри машин та обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури

Сохань С.В., д-р техн. наук, провідний науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Затверджено
на засіданні вченої ради ММІ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 9 від 25.05.2020 р.)

Інновації молоді в машинобудуванні (Youth Innovations in Mechanical Engineering): Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів / за заг. ред. Данильченка Ю.М., д-ра техн. наук., проф. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – № 2. – 518 с.

У збірці опубліковано праці аспірантів, магістрантів і бакалаврантів в галузі машинобудування. Пропонуються перспективні ідеї, аналіз і шляхи вирішення конкретних проблемних питань машинобудування та розробки, готові до впровадження.

Видання призначено для використання в практичній діяльності молодих науковців, студентів-механіків закладів вищої освіти та фахівців машинобудівних підприємств.

ISSN 2708-3926

УДК 621

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, 2020

УДК 621.83

О. М. Осипчук, С.В. Майданюк

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Конструкція телескопічної щогли як модернізований засіб розгортання зв'язку

Сучасні збройні сили, зокрема: ракетні війська, військово-повітряні та війська протиповітряної оборони і розвідка, потребують мобільного та якісного зв'язку для передачі інформації між підрозділами.

Мобільність та якість зв'язку напряму залежить як від якості антени так і від мобільності розгортання/згортання антени та антенного комплексу в цілому.

Оскільки пункти зв'язку повинні бути мобільними та швидкими, відповідно, до них, окрім основних функцій, вимагають підвищені вимоги до засобів розгортання зв'язку. Таким чином, впровадження високотехнологічних засобів розгортання мобільного зв'язку, до яких відносяться щогла антени та механізм її розгортання, є нині актуальною проблемою, що потребує наукового висвітлення.

57

У фаховій літературі описано, переважно, зразки телескопічної щогли виробництва ХХ ст., які нині виходять з ужитку. Натомість аналізу сучасних зразків, в тому числі модернізованих, зокрема конструктивних складових телескопічної щогли “Смерека 2”, здійснено не було.

Мета запропонованої статті – розглянути особливості конструкції модернізованого засобу розгортання зв'язку – телескопічної щогли. Звідси постають основні завдання дослідження:

- виявити особливості конструкції зразків щогли та механізмів їх розгортання;
- осмислити особливості модернізованих конструкцій окремо щогли та механізмів розгортання щогли;
- здійснити порівняльний аналіз конструкцій та конструктивних виконань щогли та механізму її розгортання.

У підрозділах зв'язок має передаватись без будь-яких додаткових налаштувань та пошуку. Зазвичай, для таких цілей збройні сили України використовують двосторонні короткохвильові радіостанції, наприклад, Р140.

Для стабільного та безперебійного зв'язку, таку радіостанцію, необхідно підняти на певну висоту, щоб уникнути будь-яких перешкод та отримати стабільний зв'язок на певний відрізок часу. Для розгортання радіостанцій такого типу, зазвичай, використовують телескопічні щогли.

Прикладом телескопічної щогли є щогла Р140 (ХЖ2.092.098), що йде в комплекті з відповідною радіостанцією, та щогла Р-409. Дані щогли мають круглий переріз труб, обумовлений простотою виготовлення та малим опором потоку повітря. Всі секції розглянутих щогл піднімаються одночасно [2, 3].

Основні характеристики телескопічної щогли Р-140 [3]:

- висота в розгорнутому стані – 12,1 м;
- висота в складеному стані – 2,6 м;
- маса – 60 кг;
- час на розгортання – 20 хв;
- максимальна вантажопідйомність – 35 кг.

Основні характеристики телескопічної щогли Р-409 [2]:

- висота в розгорнутому стані – 19,3 м;
- висота в складеному стані – 4,86 м;
- маса – 95 кг;
- час на розгортання – 20 хв;
- максимальна вантажопідйомність – 32 кг;

Утім, такі щогли поступово виходять з експлуатації, оскільки постачалися ще на озброєння радянської армії та мають певні недоліки. Суттєвими недоліками є: одночасне розгортання всіх ланок, що викликає часті заклинювання між ланками, особливо при сильних поривах вітру, а також проблеми зі спуском при сильному обмороженні чи забрудненні, відсутність автоматичного підйому, що збільшує тривалість розгортання [4].

Для вирішення недоліків в конструкції та техніко-тактичних характеристиках телескопічних щогл пропонується модернізована конструкція телескопічної щогли “Смерека”, до характеристик якої висувалися підвищені вимоги, в тому числі, одною з вимог є – розгортання щогли повинно відбуватися в автоматичному та ручному режимі, в залежності від ситуації на позиції.

Основні характеристики телескопічної щогли “Смерека”:

- висота в розгорнутому стані – 12...25 м;

- висота в складеному стані – 2220...3770 мм;
- маса – 100...150 кг;
- час на розгортання – 12 хв (в ручному режимі);
- максимальна вантажопідйомність – 58...89 кг.

Характеристики залежать від конфігурації, відповідно до індивідуального технічного завдання від замовника.

Щогла “Смерека” сконструйована для вирішення недоліків радянських аналогів. Розробка має два режими підйому: ручний та автоматичний (основний), за допомогою лебідки. У конструкції щогли передбачений захист від обмороження, від забруднення деталей механізмів, а пірамідальний тип підйому та спуску запобігає заклинюванню при сильних поривах вітру. Рух кожної ланки незалежний, наступна ланка починає свій рух лише після того, як зафіксується попередня (рис. 1).

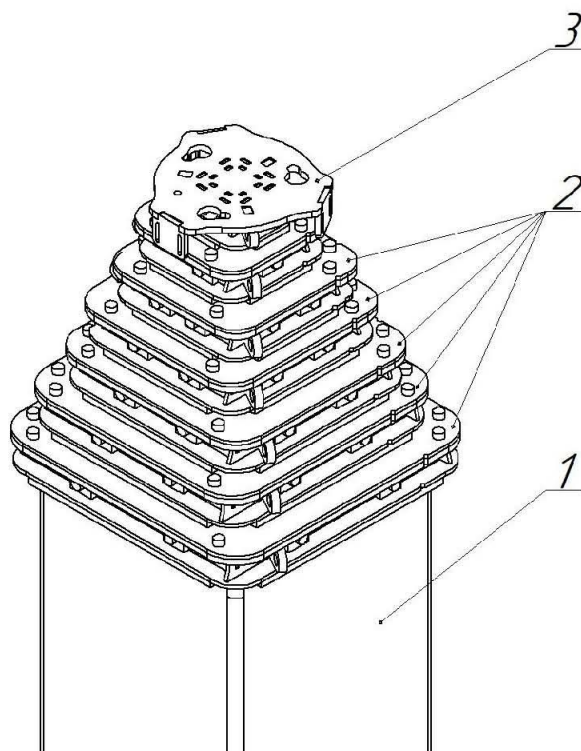


Рис.1. Модель верхнього блоку щогли телескопічної “Смерека”,
у складеному стані: 1 – труба першої ланки щогли, 2 – чікси,
3 – платформа фіксації пристрою для закріплення антени

Лебідка телескопічної щогли “Смерека” (рис. 2) може бути виконана у двох варіантах: МТ3 та МТ4. У першому варіанті, МТ3, крутний момент проходить через двоступінчатий редуктор, а далі на шліцьовий вал, що передає крутний момент на зубчате колесо, з’єднане з барабаном. В останній схемі барабан, шліцьовий вал, планетарний редуктор та мотор, знаходяться на одній осі. При переміщенні барабана, закінчення його руху фіксують датчики, що передають сигнал на плату, яка, в свою чергу, вимикає двигун. Обидві лебідки мають ручний привід, який використовується як резервний у випадках проблем з автоматичним підйомом та у виключних ситуаціях на позиції розгортання антени.

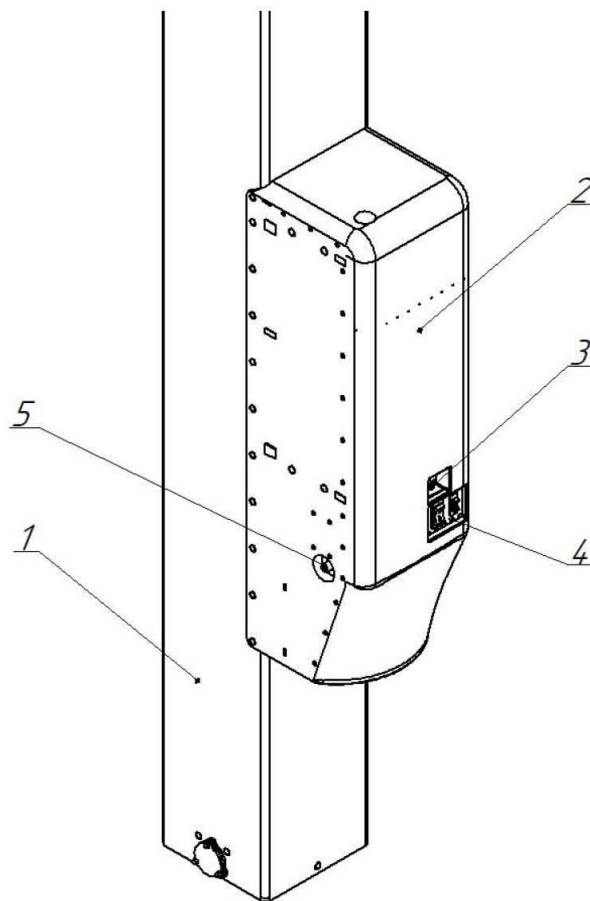


Рис.2. Модель лебідки МТ3, щогли телескопічної “Смерека”:

- 1 – труба першої ланки щогли, 2 – лебідка, 3 – перемикач режиму роботи,
4 – панель управління лебідкою, 5 – вхідний вал ручної передачі

Для автоматизованого підйому в конструкції лебідки МТЗ використовується двигун постійного струму 12В потужністю 400Вт, управління яким здійснюється через плату керування лебідкою.

Для передачі крутного моменту на барабан, використовується планетарний редуктор, з редукцією 15:1.

Блок барабана не має пристрою для укладки каната, барабан сам переміщується вздовж нерухомо закріпленого вала з трапецеїдальною різьбою Tr28x5. Крутний момент передається від редуктора через деталь “стакан” на шліцьовий вал. Шліцьовий вал передає крутний момент на барабан, останній, у свій час рухається по пазах шліцьового валу за допомогою шпонок, що вмонтовані у діафрагму барабана за допомогою гвинтів.

Також лебідку можна переключити в ручний (резервний) режим підйому, за допомогою спеціалізованої муфти та перемикача, встановленого на панелі управління.

Сама ж телескопічна щогла працює наступним чином: канат, що приводиться у рух за допомогою лебідки, проходить через систему касет зі шківками, приводить у рух поршень першої секції, що підіймає ланку на фіксовану відстань, а далі система гаків автоматично фіксує ланку, після цього свій рух починає наступна ланка. Поршні всіх секцій, крім першої та останньої, мають свій блок гаків зачеплення та фіксації. Гаки зачеплення використовуються для фіксації ланки після підйому на свою фіксовану висоту. Гаки фіксації використовуються для фіксації наступної ланки з попередньою. Після підйому першої ланки, на фіксовану висоту, наступна ланка автоматично звільняється та починає рух на свою фіксовану висоту, це і є поступовим пірамідальним підйомом щогли.

В сукупності, блоки касет зі шківками розміщені таким чином, що утворюють механізм поліспада.

У поршневому та верхньому блоках кожної секції встановлені фторопластові пластини, для мінімізації тертя між секціями щогли.

Для додаткової фіксації та розгортання щогли у польових умовах використовуються відтяжки, що закріплюються у трьох (залежить від конфігурації) “вушках”, спеціальних зварних чікс, що встановлені на верхню частину кожної ланки. На чіксу останньої ланки встановлене пристосування для монтажу корисного навантаження на щоглу.

Щогли серії “Смерека”, на відміну від радянського аналогу, що постачався в комплекті радіостанції Р140 і підіймав радіостанцію на висоту до 12 м [1], дозволяють виконувати підйом до 25 м. При цьому конструкція постійно модернізується, а сама висота підйому обумовлюється замовником.

Серед переваг сучасної конструкції – можливості розгортання щогли серії “Смерека” як самостійно (на відтяжках), так і вмонтованої в кузов мобільної військової техніки.

Результатом оновленої модернізованої конструкції телескопічної щогли з лебідкою, що працює як в автоматичному та ручному режимах, є забезпечення стійкості до перекосів та зменшення часу на розгортання антени, що підвищує мобільність всієї конструкції.

Висновки:

Модернізована конструкція, різні варіанти та конфігурації телескопічної щогли, відкривають широкі технічні та технологічні можливості та перспективи впровадження в сучасних збройних силах різних родів військ.

Список використаних джерел:

1. Министерство обороны СССР. Руководство по устройству и эксплуатации радиостанций Р-140 и Р140Д. – Москва: Военное издательство МО СССР, 1967. 440 с.
2. Телескопическая мачта Р-409 [Електронний ресурс]. - / Режим доступу до ресурсу: <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-409/>
3. Телескопическая мачта Р-140 [Електронний ресурс]. - / Режим доступу до ресурсу: <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-140/>
4. Телескопическая мачта [Електронний ресурс]. - / Режим доступу до ресурсу: <https://findpatent.ru/patent/255/2557770.html>

CERTIFICATE

is awarded to

Osypchuk Oleksii

for being an active participant in
X International Scientific and Practical Conference

“SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF MODERN SOCIETY”

24 Hours of Participation



LIVERPOOL

27-29 May 2020

sci-conf.com.ua



SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF MODERN SOCIETY

Abstracts of X International Scientific and Practical Conference
Liverpool, United Kingdom
27-29 May 2020

**Liverpool, United Kingdom
2020**

THE DESIGN OF THE TELESCOPIC MAST AS AN UPGRADED MEANS OF DEPLOYING COMMUNICATION

Maidaniuk Serhii

assistant

Osypchuk Oleksii

Student

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Kyiv, Ukraine

Introductions. Modern armed forces, in particular: rocket forces, air forces, air defence forces and reconnaissance forces, need mobile and high-quality communication to transmit information between units.

The mobility and quality of communication directly depends on both the quality of the antenna and the mobility of the deployment / assembly of the antenna and the antenna complex as a whole.

Because communication points must be mobile and fast, they require, in addition to basic functions, increased requirements for the means of deployment. Thus, the introduction of high-tech means of mobile deployment, which include the antenna mast and the mechanism of its deployment, is now an urgent problem that requires scientific coverage.

The professional literature describes mainly samples of telescopic masts manufactured in the 20th century, which are now obsolete.

Aim. The purpose of the proposed article is to consider the design features of a modernized means of deployment - a telescopic mast. Hence the main objectives of the study:

- to identify the design features of mast samples and mechanisms for their deployment;

- to comprehend features of the modernized designs of a mast separately and mechanisms of deployment of a mast;
- to carry out the comparative analysis of designs and constructive executions of a mast and the mechanism of its deployment.

Materials and methods. In subdivisions, communication should be transmitted without any additional settings and search. Typically, for such purposes, the Armed Forces of Ukraine use bilateral shortwave radios, such as R140. For stable and uninterrupted communication, such a radio station must be raised to a certain height to avoid any interference and to obtain stable communication for a certain period of time. Telescopic masts are usually used to deploy radio stations of this type.

Examples of telescopic masts are: mast R409 and mast R140 (XЖ2.092.098), which is supplied complete with the corresponding radio station. These masts have a round cross section of pipes due to the simplicity of manufacture and low resistance to air flow. All sections of the considered masts rise at the same time [2, 3].

The main characteristics of the telescopic mast R140 [3]:

- height in the expanded state – 12,1 m;
- height when folded – 2,6 m;
- weight – 60 kg;
- deployment time – 20 min;
- maximum load capacity – 35 kg.

The main characteristics of the telescopic mast R409 [2]:

- height in the expanded state – 19,3 m;
- height when folded – 4,86 m;
- weight – 95 kg;
- deployment time – 20 min;
- maximum load capacity – 32 kg;

However, such masts are gradually becoming obsolete, as they were supplied to the Soviet army and have certain shortcomings. Significant disadvantages are: simultaneous

deployment of all links, which causes frequent jams between the links, especially in strong gusts of wind, as well as problems with the folding in severe frostbite or pollution, lack of automatic lifting, which increases the duration of deployment [4].

To address the shortcomings in the design and technical and tactical characteristics of telescopic masts, a modernized design of the telescopic mast "Smereka" is proposed, to the characteristics of which there were increased requirements, including one of the requirements is - the deployment of the mast should be in automatic and manual mode, depending on the situation at the position.

The main characteristics of the telescopic mast "Smereka":

- height in the expanded state – 12...25 m;
- height when folded – 2,2...3,7 m;
- weight – 100...150 kg;
- deployment time – 12 min (in manual mode);
- maximum load capacity – 58...89 kg (150 kg in the new version under development)

Characteristics depend on a configuration, according to the individual specification from the customer.

Results and discussion. The mast "Smereka" is designed to address the shortcomings of Soviet analogues. The development has two lifting modes: manual and automatic (main). The design of a mast provides protection against a frost, against pollution of parts of mechanisms, and the pyramidal type of rise and folding prevents jamming at strong gusts of wind. The movement of each link is independent, the next link begins its movement only after fixing the previous one (fig. 1).

Winch of the telescopic mast "Smereka" (fig. 2) can be manufactured in two versions: MT3 and MT4. In the first version, MT3, the torque passes through a two-speed gearbox, and then to the splined shaft, which transmits the torque to the gear wheel connected to the winch drum. In the latter scheme, the drum, splined shaft, planetary gear and motor, are on the same axis.

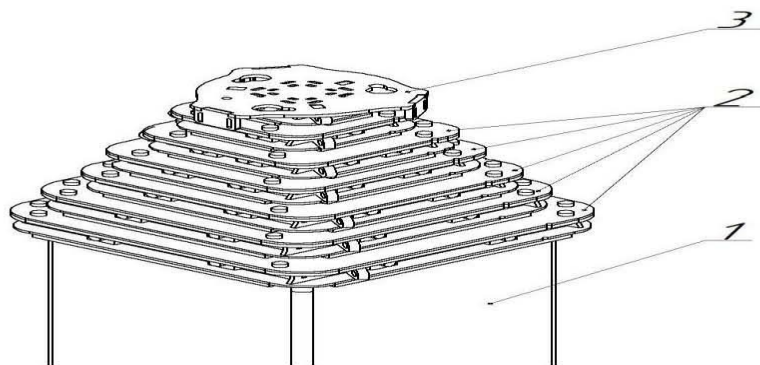


Fig.1. Model of the upper block of the telescopic mast

"Смерека" in a folded state:

1 – square pipe of the first link of the mast, 2 – cantilever pad,

3 – platform for fixing the device for fastening the antenna

When moving the drum, the end of its movement is fixed by sensors that transmit a signal to the board, which, turns off the engine. Both winches have a manual drive, which is used as a backup device in case of problems with automatic lifting and in exceptional situations in the mast deployment position.

For automatic mast lifting, the design of the MTZ winch uses a 400W 12V DC motor, which is controlled by a control board.

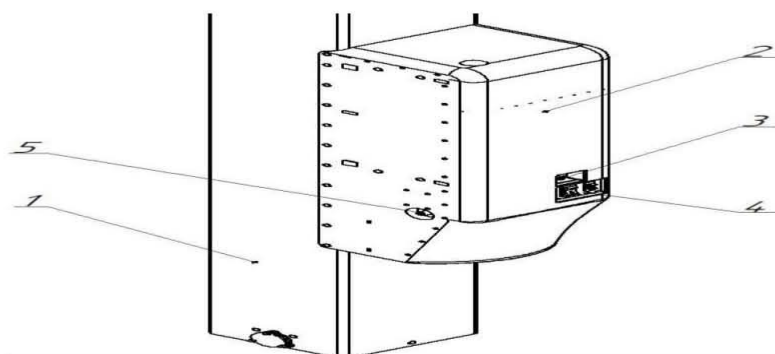


Fig.2. model of the telescopic mast "Смерека" assembled with an MT3 winch:

1 – square pipe of the first link of the mast, 2 – winch, 3 – operating mode switch,

4 – control panel, 5 – manual transmission shaft

A 15:1 planetary gearbox is used to transmit torque to the drum. The drum unit does not have a device for laying the cable, the drum itself moves along a fixed shaft with a thread Tr28x5. Torque is transmitted from the gearbox through the coupling to the splined shaft. The splined shaft transmits torque to the drum, the drum moving along the grooves of the splined shaft by means of keys mounted in the diaphragm of the drum with screws.

The winch can also be switched to manual (backup) lifting mode, using a specialized clutch and a switch mounted on the control panel.

The telescopic mast itself works as follows: a cable driven by a winch, passes through a system of cassettes with pulleys, drives the piston of the first section, which raises the link to a fixed distance, and then the hook system automatically locks the link, then the next link begins to move. The pistons of all sections, except the first and last, have a block of fixing hooks. The first fixing hooks are used to fix the link after lifting to its fixed height. The second locking hooks are used to secure the next link to the previous one. After lifting the first link to a fixed height, the next link is automatically released and begins to move to its fixed height, which is a gradual pyramidal rise of the mast.

Ftropolastic plates are installed in the piston and on upper blocks of each section to minimize friction between the mast sections..

For additional fixing and deployment of the mast in the field, three braces are used (depending on the configuration), special welded cantilever pads, which are installed on the upper part of each link. On the last link the device for installation of the antenna is established.

Among the advantages of modern design - the ability to deploy the mast series "Smereka" both independently (on braces) and built into the body of mobile military equipment.

Conclusions. The modernized design, various variants and configurations of the telescopic mast, open wide technical and technological possibilities and prospects for implementation into modern armed forces..

The result of the updated upgraded design of the telescopic mast winch, which works in both automatic and manual modes, is to provide resistance to skew and reduce the time to deploy the antenna, which increases the mobility of the entire structure.

REFERENCES

1. Министерство обороны СССР. Руководство по устройству и эксплуатации радиостанций Р-140 и Р140Д. – Москва: Военное издательство МО СССР, 1967. 440 с.
2. <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-409/>
3. <https://rt3f.jimdofree.com/антенны/мачты/телескопическая-мачта-р-140/>
4. <https://findpatent.ru/patent/255/2557770.html>